



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

TESE

**FISIOLOGIA DE CULTIVARES DE *Sesamum indicum* L.:
FITOHORMÔNIOS E ESTRESSE HÍDRICO**

SELMA DOS SANTOS FEITOSA

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**FISIOLOGIA DE CULTIVARES DE *Sesamum indicum* L.:
FITOHORMÔNIOS E ESTRESSE HÍDRICO**

SELMA DOS SANTOS FEITOSA

Sob a Orientação do Professor

Manoel Bandeira de Albuquerque

Tese submetida como requisito para obtenção do grau de **Doutor em Agronomia**, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência e Tecnologia da Produção de Culturas).

Areia, PB
Fevereiro, 2016

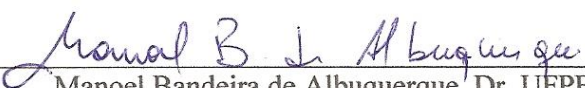
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: FISIOLOGIA DE CULTIVARES DE *Sesamum indicum* L.:
FITOHORMÔNIOS E ESTRESSE HÍDRICO**


AUTOR: SELMA DOS SANTOS FEITOSA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em AGRONOMIA
(Agricultura Tropical) pela comissão Examinadora:


Manoel Bandeira de Albuquerque. Dr. UFPB
(Orientador)


José Félix de Brito Neto. Dr. UEPB


Mário Luiz Farias Cavalcanti. Dr. UFPB


Leossávio César de Souza. Dr. UFPB

Data da realização: 29 de Fevereiro de 2016.

Presidente da Comissão Examinadora
Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque
Orientador

À minha Mãe **Zuleide F. dos Santos** (*in memorian*) que é a minha maior Tese, de ti pude obter os melhores ensinamentos. Escreveria mil páginas sem faltar-me as palavras.

Ao mestre **Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão** (*in memorian*) por permitir-me presenciar: amor a docência e sabedoria.

Ao meu pai **José Feitosa** e aos **meus irmãos**, pela torcida e confiança plenas.

DEDICO

HOMENAGEM ESPECIAL

A minha saudade "tem nome, cheiro e cor", minha MÃE.
que maravilha de mãe você sempre foi.
Um exemplo de vida, uma guerreira vencedora.

Saiba que em meus pensamentos e em meu coração eu a tenho a todo instante!
Foste e continuarás a ser o meu essencial, o meu caminho e o meu tudo.

Zuleide F. dos Santos

“Para sempre na memória”

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar presente em minha vida.

Ao meu pai José Feitosa, irmãos e sobrinhos por compreender a minha ausência e fazer-me segura e confiante para poder ir além.

Ao meu orientador Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque, pelo acolhimento sábio, sapiência e disponibilidade em contribuir com meu crescimento, compartilhando do seu amplo conhecimento científico.

Aos membros da banca: Prof. Dr. Leossávio César de Souza e o Prof. Dr. Mário Luiz Cavalcanti pela disponibilidade para avaliação do trabalho e sugestões valiosas.

Ao Prof. Dr. José Félix Brito Neto pela disponibilidade para avaliar o trabalho, efetiva contribuição nos experimentos e valiosas sugestões.

Aos estagiários Leandro Araújo, Divalmar Lima, Miguel Avelino Neto e Neuman Patrícia Sobral pela responsabilidade e dedicação em contribuir com esta pesquisa, pelos conhecimentos gerados e acima de tudo pela amizade que se formou além do trabalho.

Ao André Luis S. Rodrigues por estar sempre presente, pela compreensão e disponibilidade em contribuir aos meus anseios, com amor e amizade supérveis.

Aos amigos Thatiana Maria, Fátima Nascimento, Emanuel Moreira, Francisco Abrantes, Ulisses Dias, Hemmannuella Costa, Guilherme Costa e Leandro Firmino pelas divertidas conversas, dos aniversários "surpresas" e por compartilhar das minhas ansiedades e alegrias. Em especial a Thatiana Maria e Ulisses Dias pelos dias dispensados para ajudar na condução e avaliação dos experimentos.

A Prof. Dr. Terezinha D. Dantas Martins pela veracidade de sua amizade e por sempre acreditar no meu potencial.

Ao Prof. Dr. Alex da Silva Barbosa pelas valiosas contribuições científicas e de vida, e é extensivo o carinho por sua família Sr. Davi e D. Maria das Neves.

A Andrea Celina Ferreira Demartelaere pela amizade fraterna, por compartilhar do meu dia a dia com leveza e de forma enriquecedora, pelo apoio e conforto nas aflições que a pós graduação proporciona.

A Fabíola Vanessa pela amizade e contribuição nas avaliações experimentais.

Ao Prof. Alexandre Eduardo de Araújo por sempre recepcionar-me bem e contribuir com meu crescimento profissional e pessoal.

Ao Prof. Dr. Ademar Pereira de Oliveira pela acolhida desde os tempos de outrora (curso de mestrado).

Ao Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira pelos ensinamentos e contribuições estatísticas.

À Jussara Ellen M. Frazão pela amizade e convivência rica e agradável.

Ao José Pires Ribeiro Nóbrega e família por senti-me sempre apoiada e acolhida com grande amizade.

A Thayze Bezerra R. Pessoa e ao Murilo Duarte de Oliveira por se fazerem presentes no momento delicado da vida e pela amizade sem distância.

Ao Prof. Otávio do Carmo Oliveira Neto pela amizade e palavras de fé e encorajamento.

Aos amigos João de Deus e Daniel Mendes Cavalcante pelo apoio, atenção e amizade.

Ao pela amizade e sua disposição em contribuir sempre de maneira despretensiosa.

Aos Bruno Mattos e Ivan Teixeira pela boa convivência e contribuição operacional a esta pesquisa.

Aos colegas de trabalho Sr. Antonio, José Carlos, Severino, Edvaldo e Marcossuel.

Aos professores do CCHSA/UFPB, Nivânia Costa, Leonardo Dantas, Belísia Lúcia Toscano, Manoel Alexandre Diniz, Marcos Barros de Medeiros, Felipe Marini.

A Dona Dora e ao Sr. Édson pela preocupação e cuidado constantes.

À família do André Luis pela amizade e momentos de descontração.

Aos colegas da Pós Graduação Carlos Belarmino, Reinaldo Medeiros, Itacy Montenegro, Fausto Neto, Raissa Salustiano, João José Neto e Lindamara.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA/Algodão pela concessão dos equipamentos utilizados nesta pesquisa.

Ao Laboratório de Análises Avançadas de Alimentos e Nutrição Animal do CCHSA/UFPB.

Ao Programa de Pós Graduação em Agronomia - PPGA/UFPB e a Eliane Araújo pela atenção e presteza.

E por fim, as pessoas que tive a oportunidade de conhecer e que contribuíram para o meu crescimento.

Obrigada!

RESUMO GERAL

As condições de mudanças climáticas trazem preocupação e exigem a necessidade de se estudar as respostas das plantas em ambientes limitantes ao desenvolvimento vegetal, em especial sob estresse hídrico. O uso de fitohormônios demonstra melhorar a eficiência produtiva das culturas em condições de estresse. O presente estudo compreende experimentos em casa de vegetação e campo. No primeiro objetivou-se verificar os efeitos do estresse hídrico no comportamento fisiológico do *Sesamum indicum* L. (BRS Seda) quando submetido a suspensão da rega e aplicação de ácido salicílico, em delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco repetições em fatorial 4×2 , sendo quatro níveis de ácido salicílico (AS) e dois tratamentos hídricos. Aos 30 dias após a emergência (DAE) aplicou-se os tratamentos, o hormonal e o estresse hídrico. As trocas gasosas e o teor relativo de água foliar (TRA), foram realizados no oitavo dia após a aplicação dos tratamentos e 48 horas após a retomada da rega. Quinzenalmente, realizou-se análise do crescimento e ao final do ciclo os componentes de produção. Verificou-se diferenças significativas para as trocas gasosas no oitavo dia de estresse hídrico e após a reidratação para o fator estresse, enquanto, a interação foi significativa para temperatura foliar. A fotossíntese foi 70% inferior sob suspensão da rega e à medida que se elevou a concentração de AS. O TRA foi significativo apenas para os efeitos do estresse no período de estresse hídrico e a aplicação de AS resultou em plantas de menor porte e área foliar no tratamento sob suspensão da rega. O estresse hídrico alterou o comportamento da fotossíntese, condutância estomática, transpiração e temperatura foliar. O AS não atenuou os efeitos do estresse hídrico sobre os componentes de produção de *Sesamum indicum*. No experimento de campo investigou-se as respostas fisiológicas mediante aplicação de benziladenina (BA) realizado sob delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições em esquema fatorial 3×4 , sendo três cultivares de *S. indicum* (CNPA G3, CNPA G4 e BRS Seda) e quatro níveis de BA. Quinzenalmente efetuou-se a análise de crescimento, aos 80 DAE as trocas gasosas e ao final do ciclo os componentes de produção, além de determinar o teor de óleo e conteúdo energético das sementes. Realizou-se análise de variância pelo teste F, teste de Tukey e análise de regressão. Houve significância para o fator cultivar para fotossíntese líquida, concentração interna de CO_2 , altura da planta, diâmetro e comprimento radicular. Para o número de fruto por planta houve respostas aos tratamentos, onde a máxima eficiência técnica foi estimado para $4,72 \text{ mg L}^{-1}$ de BA, correspondendo ao número mínimo de 96,55 frutos por planta na CNPA G3, que também apresentou maior índice de colheita. A energia bruta sofreu efeito do tratamento hormonal com máxima eficiência técnica de $4,81 \text{ mg L}^{-1}$ de benziladenina que correspondeu a 682,2 kcal por 100 de sementes para a CNPA G3. O BA proporcionou menor fotossíntese e não influenciou nos componentes de produção, enquanto aumentou a energia bruta nas sementes. Na ausência do BA a CNPA G3 obteve a maior produtividade.

Palavras-chave: Oleaginosa, Trocas gasosas, Relações hídricas.

GENERAL ABSTRACT

The conditions of climate change bring concern and calls for the need to study the responses of plants in limiting environments to plant development, especially under water stress. The use of phytohormones shown to improve production efficiency of crops under stress conditions. This study comprises home experiments vegetation and field. In the first study aimed to investigate the effects of water stress on *Sesamum indicum* L. physiological behavior (BRS Seda) when subjected to the suspension of irrigation and application of salicylic acid in experimental design of randomized blocks with five replications in a factorial 4×2 , four levels of salicylic acid (SA) and two water treatments. At 30 days after emergence (DAE) was applied treatments, hormonal and water stress. Gas exchange and the relative content of leaf water (TRA), were performed on the eighth day after the application of treatments and 48 hours after the resumption of watering. Biweekly was held analysis of growth and the end of the production cycle components. There was significant differences in gas exchange on the eighth day of water stress and after rehydration to the stressor, while the interaction was significant for leaf temperature. Photosynthesis was 70% lower than under suspension of irrigation and as it increased the concentration of AS. The TRA was significant only for the effects of stress on water stress period and the application of AS resulted in smaller plants and leaf area in the treatment under suspension of irrigation. Water stress altered the behavior of photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and leaf temperature. AS did not attenuate the effects of water stress on the *Sesamum indicum* production components. In the field experiment investigated the physiological responses through the application of benzyladenine (BA) performed under design in a randomized block design with four replications in a factorial 3×4 , three cultivars of *S. indicum* (CNPA G3, CNPA G4 and CNPA BRS Seda) and four levels of BA. Fortnightly made to growth analysis, 80 DAE gas exchange and the end of the cycle the production of components, in addition to determining the oil content and energy content of the seeds. We conducted analysis of variance by F test, Tukey test and regression analysis. There was significance to cultivate factor for net photosynthesis, internal CO₂ concentration, plant height, diameter and root length. For the number of fruit per plant was no response to treatment where the maximum technical efficiency was estimated to 4.72 mg L⁻¹ BA, corresponding to the minimum number of fruits per plant in CNPA 96.55 G3, which also showed a higher rate collection. Gross energy was affected by the hormonal treatment with maximum technical efficiency of 4.81 mg L⁻¹ benzyladenine corresponding to 682.2 kcal per 100 seeds for the CNPA G3. BA provided less photosynthesis and did not influence the production of components, while increasing gross energy in the seeds. In the absence of the CNPA BA G3 had the highest productivity.

Keywords: Oleaginous, Gas exchange, water relations.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1	Análise química do solo utilizado como substrato. Bananeiras, PB, 2014.	27
Tabela 2	Resumo da análise de variância para as variáveis trocas gasosas do <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS). Bananeiras, PB. 2014 ¹	31
Tabela 3	Desdobramento da interação de níveis de ácido Salicílico (AS) e tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), na temperatura foliar (Tf), °C de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2014.	35
Tabela 4	Recuperação e perda (%) das variáveis fisiológicas do <i>Sesamum indicum</i> , da suspensão da rega à reidratação. SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.....	41
Tabela 5	Resumo da análise de variância para a altura de planta (AP) de <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS). Bananeiras, PB. 2014.....	43
Tabela 6	Desdobramento da interação de níveis de ácido Salicílico (AS) e tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), na altura de planta (AP) de <i>Sesamum indicum</i> aos 75 e 90 DAE. Bananeiras, PB, 2014.....	44
Tabela 7	Resumo da análise de variância para a área foliar (AF) de <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS). Bananeiras, PB. 2014.....	46
Tabela 8	Resumo da análise de variância para os componentes de produção de <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS). Bananeiras, PB. 2014.....	50
Tabela 9	Desdobramento da interação de níveis de ácido Salicílico (AS) e tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), no número de semente por fruto (SF) e massa de mil sementes (MMIL) de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB, 2014.....	53

LISTA DE TABELAS

ARTIGO II

Tabela 1	Resultados de análises químicas do solo da área experimental. Bananeiras, PB, 2013.....	65
Tabela 2	Resumo da análise de variância para as taxas de trocas gasosas de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> , submetido à níveis de Benziladenina. Bananeiras, PB. 2013 ¹	69
Tabela 3	Resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> , submetido à níveis de Benziladenina. Bananeiras, PB. 2013 ¹	71
Tabela 4	Resumo da análise de variância para os componentes da produção de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> , submetido à níveis de Benziladenina. Bananeiras, PB. 2013 ¹	78
Tabela 5	Resumo da análise de variância para o Teor de óleo (TO) e Energia bruta (EB) de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> , submetido à níveis de Benziladenina. Bananeiras, PB. 2013 ¹	83

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

Figura 1	Dados climatológicos registrados no período experimental. Bananeiras, PB, 2014.....	25
Figura 2	Assimilação líquida de CO ₂ (A) em <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014....	30
Figura 3	Taxa de Transpiração (E) em <i>S. indicum</i> submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A (oitavo dia de estresse) e B (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.....	32
Figura 4	Condutância estomática (gs) em <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.....	33
Figura 5	Temperatura foliar (Tf) de <i>Sesamum indicum</i> no período de estresse hídrico submetido à tratamentos hídricos, sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.....	34
Figura 6	Temperatura foliar (Tf) de <i>Sesamum indicum</i> no período de reidratação, submetido aos tratamentos hídricos e aos níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.....	35
Figura 7	Déficit de pressão de vapor folha-ar (DPV _{folha-ar}) em <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.....	37
Figura 8	Eficiência instantânea do uso da água (EUA) em <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.....	38
Figura 9	Eficiência intrínseca de carboxilação (EiC) em <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.....	38
Figura 10	Teor relativo de água na folha (TRA) de <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014..	40
Figura 11	Altura de planta (AP) de <i>Sesamum indicum</i> aos 30 DAE (A) e 45 DAE (B), submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.....	42
Figura 12	Altura de planta (AP) de <i>Sesamum indicum</i> aos 75 DAE (A) e 90 DAE (B) submetido à tratamento hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.....	43
Figura 13	Área foliar (AF) de <i>Sesamum indicum</i> aos 15 DAE (A), 45 DAE (B), 60	

	DAE (C), 75 DAE (D) e 90 DAE (E) submetido à tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.....	46
Figura 14	Área foliar (AF) de <i>Sesamum indicum</i> aos 60 DAE (A) e 90 DAE (B) submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.....	47
Figura 15	Razão massa seca da parte aérea e raiz (MSPA/MSR) de <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.....	48
Figura 16	Número de frutos por planta (NF) de <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.....	50
Figura 17	Peso de semente (PS) e índice de colheita (IC) de <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega), Bananeiras, PB. 2014.....	52
Figura 18	Número de semente por fruto (SF) e massa de mil sementes (MMIL) de <i>Sesamum indicum</i> submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.....	53

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO II

Figura 1	Dados climatológicos registrados no período experimental. Bananeiras, PB, 2013.....	63
Figura 2	Fotossíntese líquida (A), (A) e Concentração interna de CO ₂ (Ci), (B) de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2013.....	68
Figura 3	Altura de planta (AP) de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2013.....	72
Figura 4	Diâmetro do colo (DC) de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2013.....	72
Figura 5	Comprimento da raiz (CR) de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2013.....	74
Figura 6	Área foliar (AF) de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2013.....	74
Figura 7	Taxa de crescimento absoluto (TCA), g dia ⁻¹ ; Taxa de Crescimento Relativo (TCR), g g ⁻¹ dia ⁻¹ ; Área Foliar Específica (AFE), cm ² g ⁻¹ ; Índice de Área Foliar (IAF), m ² m ⁻² e Taxa de Assimilação Líquida (TAL), g m ⁻² dia ⁻¹ de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2013.....	75
Figura 8	Número de frutos por planta de <i>Sesamum indicum</i> submetida diferentes níveis de benziladenina (BA). Bananeiras, PB, 2013.....	78
Figura 9	Número de fruto por axila foliar (NFA) de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2013.....	80
Figura 10	Massa de mil sementes (MMIL) de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2013.....	80
Figura 11	Produtividade de grãos (P) de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2013.....	82
Figura 12	Índice de colheita (IC) de cultivares de <i>Sesamum indicum</i> . Bananeiras, PB. 2013.....	82
	
Figura 13	Energia bruta em Kcal por 100 g de amostra nas sementes de <i>Sesamum indicum</i> , submetida diferentes níveis de benziladenina (BA). Bananeiras, PB, 2013.....	85

LISTA DE ABREVIACÕES

A	Fotossíntese líquida
AFE	Área foliar específica
AP	Altura de planta
AS	Ácido Salicílico
BA	Benziladenina
<i>C_i</i>	Concentração interna de CO ₂
CR	Comprimento de raiz
DAE	Dia após a emergência
DC	Diâmetro do colo
DPV	Déficit de pressão de vapor
<i>E</i>	Transpiração
EB	Energia bruta
EiC	Eficiência intrínseca de carboxilação
EUA	Eficiência instantânea no uso da água
<i>g_s</i>	Condutância estomática
IAF	Índice de área foliar
IC	Índice de colheita
ID	Irrigação diária
MET	Máxima eficiência técnica
MMIL	Massa de mil sementes
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSPA/MSR	Razão matéria seca da parte aérea e raiz
MSR	Massa seca de raiz
NF	Número de fruto por planta
NFA	Número de fruto por axila foliar
NFC	Número de fruto por planta na colheita
P	Produtividade de grãos
PF	Peso de fruto
RAF	Razão de área foliar
RPF	Razão de peso foliar
SF	Semente por fruto
SR	Sem rega
TAL	Taxa de assimilação líquida
TCA	Taxa de crescimento absoluto
TCAC	Taxa de crescimento absoluto caulinar
TCAF	Taxa de crescimento absoluto foliar
TCR	Taxa de crescimento relativo
TCRC	Taxa de crescimento relativo caulinar
TCRF	Taxa de crescimento relativo foliar
<i>T_f</i>	Temperatura foliar
TO	Teor de óleo
TRA	Teor relativo de água

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	16
ARTIGO I - COMPORTAMENTO DO <i>Sesamum indicum</i> L. SUBMETIDO A ESTRESSE HÍDRICO E A FITOHORMÔNIO	21
Resumo.....	21
Abstract.....	21
1 Introdução.....	22
2 Material e Métodos.....	24
2.1 Trocas gasosas.....	26
2.2 Teor Relativo de água foliar.....	27
2.3 Análise de crescimento.....	28
2.4 Componentes de produção.....	28
3 Resultados e Discussão.....	29
3.1 Trocas gasosas.....	29
3.2 Teor Relativo de água foliar.....	39
3.3 Análise de crescimento.....	41
3.4 Componentes de produção.....	49
4 Conclusões.....	54
5 Agradecimentos.....	54
6 6. Referências	55
ARTIGO II - FISILOGIA DE CULTIVARES DE <i>Sesamum indicum</i> L. [PEDALIACEAE] EM RESPOSTA A APLICAÇÃO DE BENZILADENINA	59
Resumo.....	59
Abstract.....	59
1 Introdução.....	60
2 Material e Métodos.....	62
2.1 Trocas gasosas.....	64
2.2 Análise de crescimento.....	65
2.3 Componentes de produção.....	65
2.4 Teor de óleo e Energia bruta.....	66
3 Resultados e Discussão.....	67
3.1 Trocas gasosas.....	67
3.2 Análise de crescimento.....	70
3.3 Componentes de produção.....	77
3.4 Teor de óleo e Energia bruta.....	83
4 Conclusões.....	86
5 Agradecimentos.....	86
6 6. Referências.....	87
CONCLUSÃO GERAL.....	90
Anexo 1 - Analisador infravermelho de gases (IRGA).....	91

INTRODUÇÃO GERAL

Dentre os estresses em plantas um dos mais agravantes é o hídrico, pois a água é fundamental para as reações e rotas metabólicas. Este estresse é definido como todo o conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação (TAIZ; ZEIGER, 2011). Estes autores reportam que as plantas apresentam mecanismos de resistência à seca que podem ser divididos em retardo da dessecação, quando a planta mantém a hidratação dos tecidos apesar das condições ambientais, e tolerância a dessecação, capacidade de continuar suas atividades mesmo desidratada.

Sob condições de estresse hídrico ocorre alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. O fechamento estomático, a redução na área foliar e o crescimento do sistema radicular (FERRARI et al., 2015) são resposta direta da redução do potencial de água na folha, induzido pela falta da água, alterando as trocas gasosas, que compromete o crescimento devido as reduções de equilíbrio de carbono na planta, dependente da interação respiração e fotossíntese sendo que a proporção de O₂ aumenta em relação a de CO₂ favorecendo a fotorrespiração (PEREIRA et al., 2012; FLEXAS et al., 2006).

Segundo Arriel et al. (2009) a sensibilidade do *Sesamum indicum* ao déficit hídrico vai depender do período, do estado de fenologia da planta, da cultivar e das condições do ambiente, ocasionando redução do crescimento da planta e no número de frutos por planta.

A planta de gergelim possui elevada resistência estomática (SOUZA et. al., 2000), assim, reduz bastante a transpiração e, conseqüentemente, o consumo de água, que é uma das principais características fisiológicas dessa planta. Um outro indicador fisiológico do nível do estresse hídrico enfrentado pelo vegetal é o teor relativo de água nas folhas que se constitui em uma forma de avaliar a influência da deficiência hídrica sobre as relações hídricas nas plantas (HSIAO, 1973).

O *Sesamum indicum* L., dependendo da cultivar, é uma planta anual ou perene, de altura variável entre 0,5 m e 3,0 m, flores completas e axilas, com fruto tipo cápsula, e apresenta heterofilia, de forma que na floração têm folhas de diferentes formas, os autores consideram a heterofilia das folhas como importante característica da planta do gergelim, pois permite bom aproveitamento da luz solar ao longo do dossel. Este comportamento fisiológico

reflete na área foliar da planta, onde apresenta crescimento rápido entre 30 e 60 dias, decrescendo após este período (ALBUQUERQUE et al., 2011).

O Mercado mundial de gergelim em grãos está em plena ascensão, porque aumenta cada vez o quantitativo de produtos industrializados (QUEIROGA et al., 2010), mas, a falta de incentivos e a ausência de estrutura de comercialização levam a ociosidade da indústria de óleo. Este fator aliado à resistência da planta à seca, a facilidade do seu cultivo e a possibilidade de exportação, torna o óleo uma alternativa para melhorar a renda de pequenos produtores e eleva a possibilidade de difusão do cultivo dessa pedaliácea (LIMA, 2011). A produção mundial de gergelim é estimada em 3,16 milhões de toneladas, com uma produtividade de 480 kg ha⁻¹, o Brasil participa com apenas com 15 mil toneladas e rendimento em torno de 600 kg ha⁻¹ (FAO, 2009).

Em função da alta cotação nos mercados nacional e internacional, esta pedaliácea se torna uma excelente alternativa de exploração agrícola, assim, pode-se expandir a área cultivada e conquistar-se o mercado externo com o excedente de produção, além da importância econômica e social para as condições semiáridas, possuidoras de condições edafoclimáticas ideais para esta oleaginosa (BELTRÃO et al., 2010).

A sua importância social se dá em virtude do valor nutricional da semente, apresentando-se como uma alternativa de baixo custo para a alimentação humana e animal, assim como estratégia de fixação do homem no campo, ampliando a renda e a ocupação da mão de obra familiar. Em sistemas consorciados e orgânicos apresenta vantagens, pois o cultivo leva a rotação de culturas, com espécies adaptadas, pouco exigente em insumos e já tradicionalmente aceitas pelos agricultores, fatores estes que contribuem para o desenvolvimento de um sistema sustentável de agricultura (QUEIROGA et al., 2008).

Sesamum indicum L. possui adaptabilidade às condições edafoclimáticas de clima tropical quente (BELTRÃO et al., 2010), é considerada resistente à seca podendo produzir com um mínimo de pluviosidade (300 mm) bem distribuída, mas a faixa ótima está entre 500 e 650 mm (GRILO; AZEVEDO, 2013).

Uma alteração fisiológica desencadeada por deficiência hídrica, além do potencial de água na folha é o balanço hormonal da planta. Segundo Velini et al. (2009), o ácido salicílico é um sinalizador e amplificador de sinais, que induz a expressão de genes de resistência nas plantas, é considerado um hormônio vegetal devido a sua implicação na regulação da planta, atuando como importante indutor de diversos processos fisiológicos, incluindo a fotossíntese.

Mardani et al. (2012) acrescentam que trata-se de um composto promissor na redução da sensibilidade dos cultivos aos estresses abióticos, como atenuador dos efeitos resultantes das condições ambientais estressantes, a exemplo da deficiência hídrica.

Outro fitohormônio que vem sendo utilizado para melhorar a eficiência produtiva das culturas são as citocininas que fazem parte de uma rede de sinalização celular que controla o desenvolvimento e o crescimento das plantas, em diferentes condições ambientais. Elas tem papel importante no ajuste da resposta ao estresse biótico e abiótico e seu efeito pode variar de acordo com a disponibilidade de luz, nutrientes e água (GOUVEIA et al., 2012; DOORN et al., 2011). Ainda, as citocininas são usadas com o intuito de acelerar a taxa de crescimento, induzir a formação de raízes, impedir a queda de frutos (KUMAR et al., 2011), além de incrementar a atividade do meristema de inflorescência e promover a iniciação floral de várias espécies (KIBA; SAKAKIBARA, 2010) e induz o aumento no número de flores (PAN; XU, 2011) e enchimento de grãos (NONOKAWA et al., 2012).

A forma sintética 6-benziladenina acelera a divisão e expansão celular, o que pode resultar em maior resistência dos tecidos dos frutos nas fases de desenvolvimento rápido. As citocininas têm, como efeitos específicos, o aumento da taxa de incorporação de aminoácidos, o retardamento da senescência e o aumento de absorção de nutrientes (SALISBURY; ROSS, 1992), alteração no metabolismo da planta tornando-a mais eficiente na produção e uso de fotoassimilados (GOUVEIA et al., 2012; PERES; KERBAUY, 2004), em consequência pode resultar em maior produção de sementes por planta. Portanto, o uso de reguladores de crescimento é uma técnica importante para a agricultura moderna e representa uma alternativa para maximizar a eficiência do uso de nutrientes orgânicos e minerais.

Sabe-se que a deficiência hídrica influencia nas relações hídricas e trocas gasosas da planta, que pode acarretar em baixa produtividade, o que torna necessário estudar os mecanismos fisiológicos e estratégias de mitigação dos efeitos da seca, visando prover o conhecimento e consequentemente a exploração viável e sustentável desta pedaliácea, além disso, o entendimento da ação de fitohormônios na atenuação das consequências do déficit hídrico auxiliará a pesquisa na seleção de genótipos tolerantes às condições de seca.

Portanto, nesta pesquisa objetivou-se analisar o comportamento fisiológico de cultivares de *Sesamum indicum* sob efeitos do estresse hídrico e dos fitohormônios, ácido salicílico e benziladenina.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. A. et al. **Ecofisiologia do gergelim** (*Sesamum indicum* L.). In: BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de. Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2011. p. 163-194.
- ARRIEL, N.H.C.; BELTRÃO, N.E. de M.; FIRMINO P. de T. (Ed.). **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- BELTRÃO, N. E. M. et al. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 5, n. 5, p. 67- 73, 2010.
- DOORN, W. G. V. et al. treatment to improve the vase life of cut tulips: Effects on tepal senescence, tepal abscission, leaf yellowing and stem elongation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 61, p. 56-63, 2011.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2009. **Economics and Statistics**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 10 de outubro de 2013.
- FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, MT, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.
- FLEXAS, J. et al. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 127, p. 343-352, 2006.
- GOUVEIA, E. J. et al. Aumento da produção de grãos de pinhao-manso pela aplicação de benziladenina. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, DF, v. 47, n. 10, p. 1541-1545, 2012.
- GRILO JÚNIOR, J. A. S.; AZEVEDO, P. V. de. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim ‘BRS Seda’ na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). **Revista Holos**, Natal, RN, v. 2, p. 19-33, 2013.
- HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 24, p. 519-570, 1973.
- KIBA, T.; SAKAKIBARA, H. **Role of cytokinin in the regulation of plant development**. In: Pua, E. C, Davey, M. R (eds). Plant developmental biology-biotechnological perspectives. Springer, New York, 2010. p. 237–254.
- KUMAR, N.; ANAND, K.G.V.; REDDY, M.P. Plant regeneration of non-toxic *Jatropha curcas*-impacts of plant growth regulators, source and type of explants. **Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology**, Índia, v. 20, p. 125-133, 2011.

LIMA, J. C. R. **Crescimento e desenvolvimento do gergelim BRS Seda irrigado com níveis de água residuária e de abastecimento**. 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, PB. 2011.

MARDANI, H. et al. Assessment of Salicylic Acid Impacts on Seedling Characteristic of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) under Water Stress. **Notulae Scientia Biologicae**, Romania , v. 4, n. 1, p. 112-115, 2012.

NONOKAWA, K. et al. Effect of Synthetic Cytokinin Application on Pod Setting of Individual Florets within Raceme in Soybean. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 15, n. 2, p. 79-81, 2012.

PAN, B.-Z.; XU, Z.F. Benzyladenine treatment significantly increases the seed yield of the biofuel plant *Jatropha curcas*. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 30, p. 166-174, 2011.

PEREIRA, J. W. L. et al. Mudanças bioquímicas em amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v.43, n.4, p.766-773, 2012.

PERES, L. E. P.; KERBAUY, G. B. **Citocinininas**. In: KERBAUY, G. B. Fisiologia Vegetal. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. v. 1, p. 250-278.

QUEIROGA, V. de P. et al. Colheita manual e diferentes formas de aproveitamento de grãos de gergelim. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista-RR. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, RR, v. 4, n. 2, p. 110-117. 2010.

QUEIROGA, V.P. et al. **Ecológico do Gergelim: alternativa de produção para comunidades de produtores familiares do Semi-Árido da Região Nordeste**. 2. ed. rev. e atual. EMBRAPA-CNPA, Campina Grande. 2008. 56p. (Documentos, 171)

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4th ed. Belmont: Wadsworth, 1992. 682p.

SOUZA, J. G. de; BELTRÃO, N. E. M.; SANTOS, J. W. dos S. Fisiologia e produtividade do gergelim em solo com deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, PB, v. 4, n. 3, p. 163-169, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 690 p.

VELINI, E. D. et al. 2009. **Modo de ação de glyphosate**. In: VELINI, E. D., TRINDADE, M. L. B.; MESCHÉDE, D. K.; CARBONARI, C. A. (eds.). Glyphosate. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2009, v. 1, p. 113-134.

ARTIGO I

COMPORTAMENTO DO *Sesamum indicum* L. SUBMETIDO A ESTRESSE HÍDRICO E A FITOHORMÔNIO*

RESUMO

Objetivou-se verificar o comportamento fisiológico do gergelim submetido ao estresse hídrico e aplicação de ácido salicílico (AS), realizado sob o delineamento em blocos ao acaso num fatorial 4×2 , sendo, 0, 4, 8 e 12 mg L⁻¹ de ácido salicílico (AS) e dois tratamentos hídricos (sem e com suspensão hídrica por oito dias). Foram semeadas 10 sementes por vaso e aos 30 dias após a emergência (DAE) aplicados os tratamentos. As trocas gasosas e o teor relativo de água foliar (TRA) foram realizados no oitavo dia de deficiência hídrica e da aplicação do tratamento hormonal e 48 horas após a retomada da rega. Quinzenalmente, avaliou-se a biometria das plantas e ao final os componentes de produção e biomassa. Para as variáveis de trocas gasosas verificaram-se diferenças no oitavo dia da suspensão da rega e após a reidratação para o fator estresse, enquanto, para os efeitos do AS apenas a variável temperatura foliar (*T_f*) a interação foi significativa. A fotossíntese (*A*) foi 70% inferior sob suspensão da rega e à medida que se elevou a concentração de AS. O TRA foi significativo apenas para os efeitos do estresse no período de estresse hídrico e a aplicação de AS resultou em plantas de menor porte e área foliar no tratamento sob suspensão da rega. O estresse hídrico alterou o comportamento da fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e temperatura foliar. O AS não atenuou os efeitos do estresse hídrico sobre os componentes de produção de *Sesamum indicum*.

Palavras-chave: Fisiologia; Relações hídricas; Ácido Salicílico; Oleaginosa.

Sesamum indicum L. BEHAVIOR SUBMITTED TO WATER STRESS AND PHYTOHORMONE

ABSTRACT

This study aimed to verify the physiological behavior of sesame subjected to water stress and application of salicylic acid (SA), held under the design of randomized blocks in a factorial 4×2 , and 0, 4, 8 and 12 mg L⁻¹ salicylic acid (SA) and two water treatments (with and without water for eight days suspension). They were seeded 10 seeds per pot and 30 days after emergence (DAE) applied treatments. Gas exchange and the relative content of leaf water (TRA) were performed on the eighth day of water deficiency and the application of hormonal treatment and 48 hours after the resumption of watering. Every two weeks, we evaluated the biometrics of the plants and the end of the components production and biomass. For gas exchange variables there were differences in the eighth day of watering suspension and after rehydration to stress factor as to the effects of AS only the variable leaf temperature (*T_f*) interaction was significant. Photosynthesis (*A*) was 70% lower than under suspension of irrigation and as it increased the concentration of AS. The TRA was significant only for the effects of stress on water stress period and the application of AS resulted in smaller plants and

leaf area in the treatment under suspension of irrigation. Water stress altered the behavior of net photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and leaf temperature. AS did not attenuate the effects of water stress on the *Sesamum indicum* production components.

Keywords: Physiology; Water relations; Salicylic acid; Oleaginous.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas que ocorrem no ambiente ocasionadas pela crescente expansão da população, do uso agrícola e à exploração inadequada dos recursos naturais, trazem preocupação e exigem a necessidade de se estudar as respostas das plantas em ambientes adversos e limitantes ao desenvolvimento vegetal (VIEIRA, 2011). Neste sentido, a deficiência hídrica se constitui em um dos principais fatores que restringem a produção agrícola.

O estresse por restrição hídrica pode causar severa inibição da fotossíntese, sobretudo em razão da maior resistência à entrada do CO₂ devido a efeitos estomáticos e não estomáticos. O primeiro é um evento primário que leva a uma menor disponibilidade de CO₂ nos espaços intercelulares, reduzindo sua assimilação nos cloroplastos e os efeitos não estomáticos estão relacionados às perturbações nos processos bioquímicos (redução na eficiência carboxilativa e atividade da RuBisCO e de outras enzimas do metabolismo fotossintético) (LU; ZANG, 1999).

As plantas quando em situação de baixo suprimento de água ou excessiva demanda evapotranspiratória lançam mão de ajustes fisiológicos para garantir a sua sobrevivência, uma delas, a redução da condutância estomática diminui a perda de água das folhas e restringe a entrada de CO₂ nestes órgãos, o que diminui a assimilação fotossintética de carbono e os

poros estomáticos abrirão menos ou até mesmo permanecerão fechados, impedindo a perda excessiva de água e consequente desidratação, também pode modificar o metabolismo celular, e um dos mecanismos desenvolvidos é a osmorregulação que favorece a turgescência da célula via acúmulo de substâncias orgânicas (TAIZ; ZEIGER, 2011).

Particularmente no contexto de proteção celular sob desidratação destaca-se o fitormônio ácido salicílico (AS), este ácido favorece a proteção da integridade membranar do DNA e RNA, além de estar envolvido na regulação das respostas de defesa e sinalização das plantas frente a patógenos e estresses abióticos. Os resultados obtidos nos últimos anos mostram que o AS pode ser um composto promissor na redução da sensibilidade dos cultivos aos estresses abióticos, visto que em determinadas condições atenua os efeitos adversos produzidos por distintos fatores ambientais estressantes, como a deficiência hídrica (MARDANI et al., 2012).

O *Sesamum indicum* apresenta tolerância à seca, característica importante para que seu cultivo seja recomendado para as áreas semiáridas. Verificaram-se que o comportamento fisiológico do *Sesamum indicum* é mais influenciado pelo déficit hídrico que a produtividade, o que confere maior tolerância à seca, com o máximo de rendimento em precipitações pluviais entre 500 e 650 mm, bem distribuídas (ALBUQUERQUE et al., 2011).

Sabe-se que a deficiência hídrica influencia a relação entre a água e as trocas gasosas da planta que reflete em perda considerável de produtividade, o que torna essencial se estudar as estratégias que amenizam os efeitos da seca. Diante disso, o estudo torna-se relevante pelo fato de que o entendimento dos mecanismos fisiológicos no desenvolvimento do *Sesamum indicum* em condições adversas e aos efeitos do ácido salicílico exógeno, auxiliará a pesquisa na seleção de genótipos tolerantes às condições de seca. Apesar de ser aceita a função do AS na defesa do vegetal, o seu papel central ainda não é completamente esclarecido (ANAND et

al., 2008) e os resultados aqui obtidos poderão representar um avanço na agricultura, especialmente para as regiões semiáridas. O objetivo do trabalho foi verificar o comportamento fisiológico do *Sesamum indicum* quando submetido a deficiência hídrica e tratamento com ácido salicílico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba, UFPB, localizado no município de Bananeiras localizado na Serra da Borborema, região do Brejo de Altiude da Paraíba. Situa-se a 6°46' de latitude Sul e 35°38' de latitude Oeste, a uma altitude de 617 m, apresenta clima do tipo As' (tropical, chuvas no inverno) conforme a classificação de Köppen. No Climograma constam os dados obtidos no período experimental (Figura 1).

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com cinco repetições em esquema fatorial 4×2 , o primeiro fator constituído pelos níveis de ácido salicílico (AS) de 0, 4, 8 e 12 mg L⁻¹ e o segundo por dois tratamentos hídricos (ID - irrigação diária e SR - com suspensão hídrica por oito dias), resultando em 8 tratamentos e 40 parcelas experimentais. O solo utilizado como substrato proveniente de uma área de horticultura orgânica do CCHSA, sendo o mesmo autoclavado á temperatura de 70 °C por 30 minutos. De acordo com a análise de fertilidade (Tabela 1) foi procedida a calagem e adubação.

A unidade experimental constituiu-se de um vaso com capacidade de 60 litros de cor prata com a finalidade de refletir a luz e evitar o aquecimento do substrato.

Figura 1. Dados climatológicos registrados no período experimental. Bananeiras, PB, 2014.

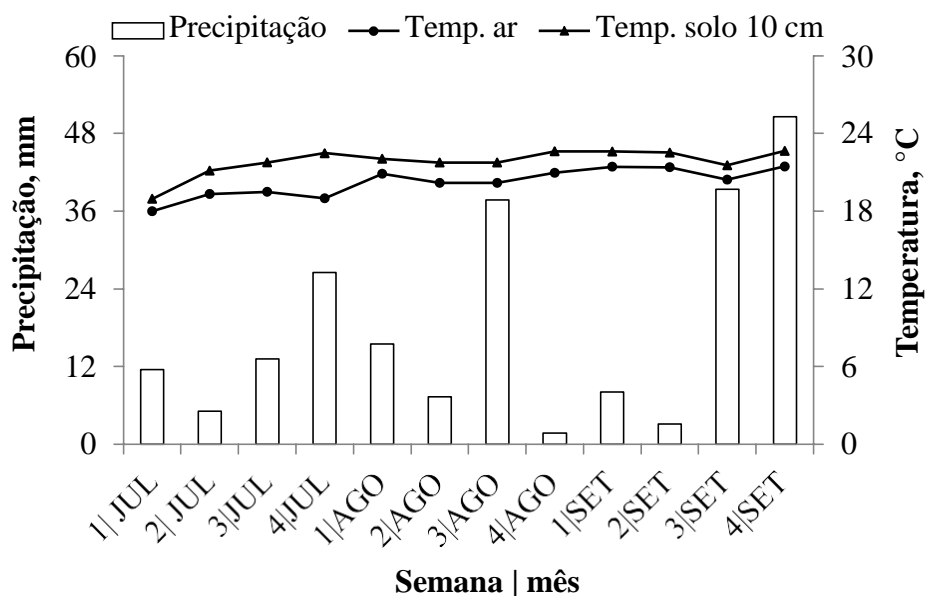


Tabela 1. Análise química do solo utilizado como substrato. Bananeiras, PB, 2014.

pH H ₂ O	mmolc/dm ³								%	mg/dm ³	g/Kg
1:2,5	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T	Al ⁺³	V	P	M.O
6,7	52,3	22,6	1,3	6,9	83,1	20,1	103,7	ND*	80,1	229,4	52,7

*ND: Não detectado

Onde foram semeadas a 2,5 cm de profundidade dez sementes de gergelim da cultivar "BRS Seda", e após 15 dias de emergência fez-se o desbaste final ficando duas plantas por vaso.

Aos 30 dias após a emergência das plantas realizou-se a aplicação hormonal via pulverização na parte abaxial e adaxial das folhas até o ponto de escorrimento. Concomitante a aplicação do AS iniciou-se o estresse hídrico via suspensão da rega por oito dias

consecutivos, após este período manteve-se a rega até o final do ciclo da cultura. A estimativa do consumo diário de água foi calculada a partir dos seguintes dados climáticos: Evapotranspiração de referência (ET₀) obtidos em estação agrometeorológica automática e o Coeficiente de correção do consumo de água pela cultura (K_c), de acordo com a equação sugerida por Hargreaves e Samani (1985).

$$ET_c = ET_0 \times K_c$$

Em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, em mm/dia

ET₀ = evapotranspiração potencial diária, em mm/dia

K_c = coeficiente de cultivo da cultura

2.1 Trocas gasosas

As variáveis de trocas gasosas da planta, fotossíntese líquida (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*), temperatura da folha (*T_f*) e concentração interna de CO₂ (*C_i*) foram analisadas no oitavo dia da suspensão da rega e da aplicação do tratamento hormonal, ou seja ao final do período de supressão hídrica e por fim 48 horas após a reidratação. As avaliações foram realizadas em folhas completamente expandidas na porção mediana da planta, registradas por meio do analisador de gás infravermelho (IRGA) da marca LICOR e modelo 6400 (Anexo 1). Através da relação entre a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e a transpiração (*E*), obteve-se a eficiência instantânea no uso da água (EUA) (*A/E*) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mol m⁻² s⁻¹)⁻¹]. Estimou-se, também, a eficiência intrínseca da carboxilação (*E_iC*) (*A/C_i*)

obtida pela relação entre a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e a concentração interna de CO₂ (*C_i*) [(μmol. m⁻² s⁻¹) (μmol mol⁻¹)⁻¹].

O déficit de pressão de vapor folha-ar (DPV) foi obtido calculando-se a diferença entre as pressões de saturação (*e_s*) e real (*e*) do ar, utilizando-se medidas de *T_f*, *T_{ar}* e *UR_{ar}*. Assim, DPV(folha-ar) = (*e_f* - *e_{ar}*), em kPa, onde *e_f* = pressão de vapor na câmara subestomática da folha (kPa), *e_{ar}* = pressão de vapor no ar atmosférico (kPa) (LOBO et al., 2007).

$$\frac{\text{---} \quad \text{---}}{\text{---}} \\ 100$$

Em que: *T_f* = temperatura foliar (°C), *T_{ar}* = temperatura do ar atmosférico (°C) e *UR_{ar}* = umidade relativa do ar atmosférico (%).

2.2 Teor Relativo de água na folha (TRA)

O teor relativo de água (TRA) foi analisado no mesmo período que as trocas gasosas. Para tanto, coletou-se folhas no terço médio da planta em bom estado fitossanitário e foram extraídos três discos (1 cm²) e determinou-se a massa do tecido fresco (*W_f*) dos discos em balança analítica. A massa do tecido túrgido (*W_t*) foi obtida depois da reidratação dos discos em água deionizada por 24 h. Para tanto, retirou-se o excesso de água com lenço de papel dos discos túrgidos para determinar a massa do tecido túrgido. A massa do tecido seco (*W_d*) foi obtida depois que os discos foram secos por 48 h a 65°C em estufa de circulação de ar forçada. TRA foi calculado por intermédio da fórmula:

2.3 Análise de crescimento

A análise do crescimento não destrutiva foi realizada quinzenalmente (15 DAE aos 90 DAE) e o número de folhas e a área foliar foram determinadas pela metodologia proposta por Silva et al. (2002), $AF = 0,7 \cdot L \cdot C$, onde, L é a largura da folha, C é o comprimento da nervura principal e 0,7 é o coeficiente de ajuste, avaliou-se ainda a altura da planta (AP) em cm, o diâmetro do colo (DC) em mm, massa seca da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA), Razão parte aérea e raiz (MSPA/MSR) e biomassa total em g.

2.4 Componentes da produção

Para os componentes de produção avaliou-se o número de fruto por planta (NF), peso de sementes por planta (PS), número de sementes por fruto (SF) e, massa de mil sementes (MMIL) e ainda calculou-se o índice de colheita (IC), dividindo a massa de grãos pela massa de matéria seca total da planta.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SAS[®] (Statistical Analysis System, 1999), versão 9.1. Os dados sem distribuição normal foram transformados em Logx, e posteriormente submetidos à análise de variância pelo teste F, os resultados quando significativos a 5% de probabilidade para o fator níveis de AS, foram ajustadas regressões polinomiais entre os níveis de AS (variável independente) e as demais variáveis dependentes buscando-se o modelo que melhor representasse essa relação com maior coeficiente de determinação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Trocas gasosas

O resumo das análises das variâncias das respostas fisiológicas do *Sesamum indicum* referente aos efeitos do tratamento hormonal e hídrico para os resultados de fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i), temperatura foliar (T_f), durante o período da suspensão da rega e reidratação está apresentado na Tabela 2.

Verificaram-se diferenças significativas no oitavo dia da suspensão da rega para os efeitos principais do fator estresse, para todas as variáveis analisadas, com exceção do C_i , enquanto que, para os efeitos principais do fator nível apenas a T_f foi significativa, assim como a interação significativa para g_s . Após a reidratação foi observado significância para a interação apenas para a T_f , enquanto a A e a E foram significativos para o fator estresse.

Sendo a A 70% inferior nas plantas com suspensão da rega. Em cafeeiro (*Coffea arabica*) a deficiência hídrica provocou reduções em A , g_s e E a medida que avançou até o décimo dia da suspensão da rega (SOUZA, 2012). Inicialmente a fotossíntese decresce em razão do fechamento dos estômatos e, com o agravamento da deficiência hídrica, também se evidenciam limitações no seu metabolismo (LOPES et al., 2011).

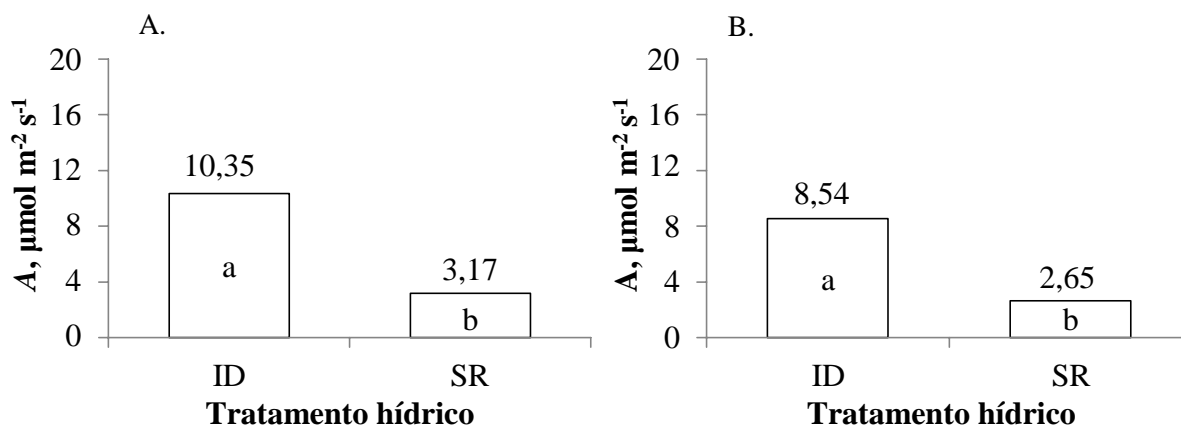
O decréscimo na taxa fotossintética do oitavo dia da suspensão da rega até 48 h após a reidratação foi de 16,5% naquelas induzidas ao estresse hídrico, portanto, não houve recuperação da capacidade fotossintética (Figura 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis trocas gasosas do *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS). Bananeiras, PB. 2014¹.

		Pr > F				
		Suspensão da rega				
FV	GL	A	E	gs	Ci	Tf
Bloco	4					
Estresse	1	0,001**	0,046*	0,018*	0,562 ^{ns}	< 0,0001**
Nível	3	0,155 ^{ns}	0,396 ^{ns}	0,577 ^{ns}	0,597 ^{ns}	< 0,0001**
Estresse*Nível	3	0,711 ^{ns}	0,435 ^{ns}	0,176 ^{ns}	0,788 ^{ns}	0,196 ^{ns}
Resíduo	28					
CV %		0,92	1,94	1,44	2,17	2,85
		Reidratação				
Bloco	4					
Estresse	1	0,046*	0,009**	0,09 ^{ns}	0,9503 ^{ns}	0,170 ^{ns}
Nível	3	0,326 ^{ns}	0,293 ^{ns}	0,255 ^{ns}	0,7885 ^{ns}	0,494 ^{ns}
Estresse*Nível	3	0,989 ^{ns}	0,842 ^{ns}	0,264 ^{ns}	0,7350 ^{ns}	< 0,0001**
Resíduo	28					
CV %		0,97	0,87	2,02	0,86	5,43

¹: FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficientes de variação; A - Fotossíntese ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); E - Transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); gs - Condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Ci - Concentração interna de CO_2 ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Tf - Temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$). ns - Não significativo, ** - Significativo a 1% , * a 5% pelo teste de F.

Figura 2. Assimilação líquida de CO_2 (A) em *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Este comportamento provavelmente, pode ser devido ao comprometimento da absorção de CO₂ através dos estômatos em resposta às reduções na condutância estomática ou, possivelmente, devido ao efeito direto do próprio estresse hídrico sobre o metabolismo fotossintético (ENDRES et al., 2010).

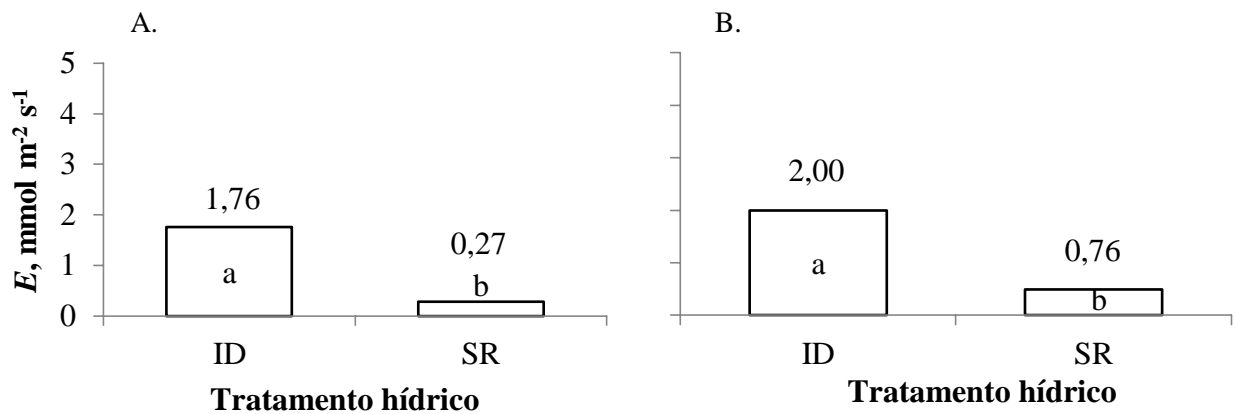
Resultados que corroboram os aqui encontrados foram reportados em cafeeiro, que após a reirrigação, não exibiu recuperação da fotossíntese nas plantas submetidas a 10 e 31 dias de suspensão da rega na primeira semana, bem como para as plantas com 24 dias de suspensão da rega após duas semanas (SOUZA, 2012). Em geral o cafeeiro (*Coffea arabica*) teve uma baixa capacidade de ajuste estomático das trocas gasosas, uma vez que o decréscimo na assimilação de CO₂ foi observado nos estágios iniciais do estresse hídrico em concomitância com as baixas taxas fotossintéticas.

A taxa de transpiração teve resposta apenas nos tratamentos hídricos, de maneira análoga a fotossíntese, onde os maiores valores de transpiração ocorreram nas plantas com irrigação diária. Observou-se que a taxa transpiratória aumentou nas plantas reirrigadas após um período de 48 horas, porém, não conseguiu recuperar-se a patamares similares as do tratamento controle (Figura 3).

Resultados diferentes foram verificados por Silva et al. (2010), ao estudar o comportamento diário das trocas gasosas em feijoeiro sob deficiência hídrica, com reposição de 25% da água evapotranspirada, observaram redução na taxa transpiratória.

Lima (2008) ressalta que a diminuição da taxa fotossintética durante períodos de deficiência hídrica se deve ao fechamento estomático, com consequente diminuição da taxa transpiratória e restrição à difusão de gás carbônico.

Figura 3. Taxa de Transpiração (E) em *S. indicum* submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A (oitavo dia de estresse) e B (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.



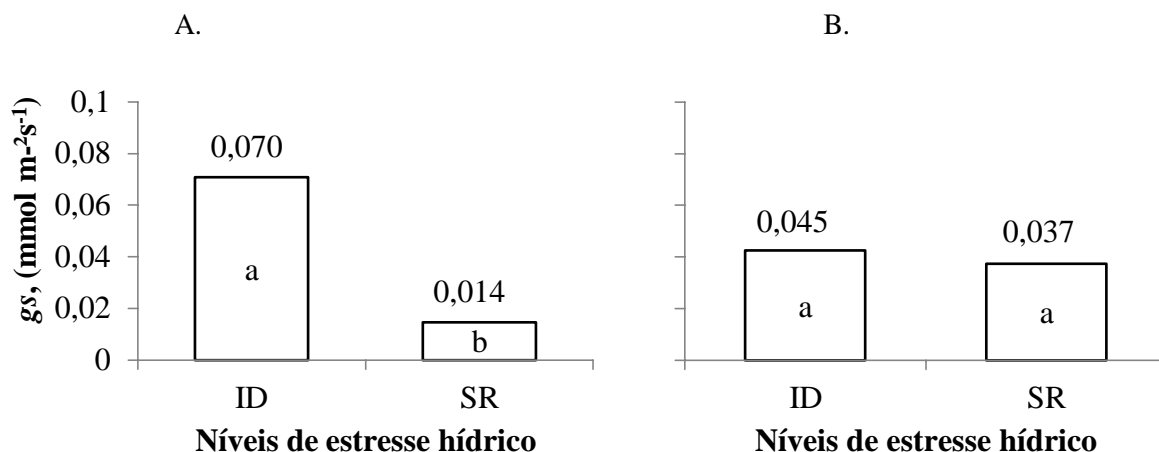
Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Este comportamento foi verificado por Lelis (2014) em capim limão (*Cymbopogon citratus*) com oito dias de imposição da suspensão da rega verificaram que 48 horas após a reirrigação das plantas estressadas não foi tempo suficiente para promover a recuperação das taxas transpiratórias.

Para a condutância estomática houve efeito significativo do fator estresse durante a suspensão da rega. Plantas que receberam irrigação diária apresentaram maior valor de g_s em relação aquelas sob suspensão da rega (Figura 4A). Observou-se ligeira recuperação para esta variável após a reidratação, sem contudo, apresentar diferenças significativas (Figura 4B).

Este comportamento pode estar associado à condição de baixa umidade, segundo Chaves et al. (2010) tal condição afeta a condutância estomática pelas excessivas perdas de água por transpiração, causando o fechamentos dos estômatos, que compromete a difusão do CO_2 para o mesófilo.

Figura 4. Condutância estomática (g_s) em *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Ainda, segundo Gonçalves (2013), em razão do controle da abertura dos estômatos, ocorre diminuição da condutância estomática, que é fundamental na manutenção da turgescência, sendo a água considerada por Carneiro (2011), um elemento essencial para a manutenção da turgescência. Nascimento et al. (2011) verificaram diminuições de até 72%, na condutância estomática, quando avaliaram a tolerância de genótipos de feijão ao déficit hídrico.

Para a temperatura foliar no oitavo dia de estresse verificou-se diferenças significativas para os efeitos principais (Figura 5). Todavia, estes fatores variaram de modo independente entre si, e não foi verificada significância da interação, porém, após a reidratação houve efeitos significativos da interação (Tabela 3). A maior amplitude de temperatura da folha entre os tratamentos foi observada quando as plantas receberam o nível zero de AS, na presença do tratamento hormonal a temperatura da folha é semelhante em ambos os tratamentos hídricos (Figura 6).

Figura 5. Temperatura foliar (T_f) de *Sesamum indicum* no período de estresse hídrico submetido à tratamentos hídricos, sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.

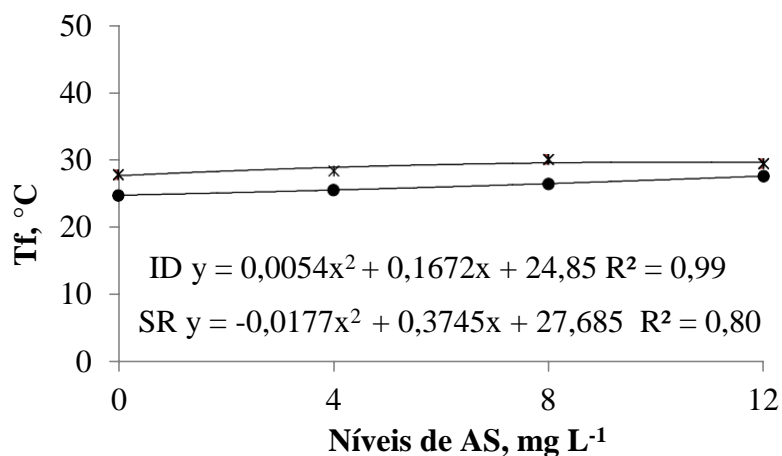
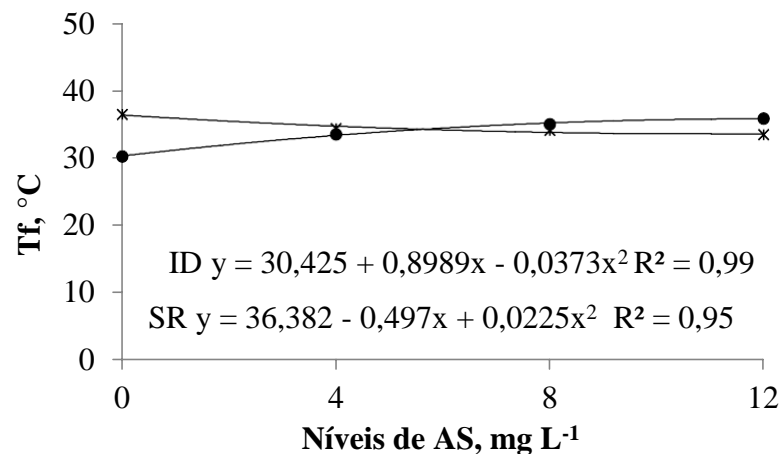


Tabela 3. Desdobramento da interação de níveis de ácido Salicílico (AS) e tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), na temperatura foliar (T_f), °C de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2014.

Período	Níveis de ácido Salicílico, mg L ⁻¹				
	Tratamentos	0	4	8	12
Reidratação	ID	30,37Aa	33,59Aa	35,06Aa	35,89Aa
	SR	36,49Ba	34,43Aa	34,17Aa	33,55Aa
DMS		2,74			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 6. Temperatura foliar (T_f) de *Sesamum indicum* no período de reidratação, submetido aos tratamentos hídricos e aos níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.



Logo, provavelmente associa-se aos efeitos do ácido Salicílico como atenuador das consequências do estresse, visto, que na sua presença as plantas de gergelim apresentaram menor temperatura foliar.

Nascimento et al. (2011) verificaram que ao se reduzir a lâmina de irrigação de 300 para 190 mm, deu-se aumento de 11,7% na temperatura foliar (T_f) de plantas de feijoeiro comum.

Segundo Oliveira et al. (2005) a manutenção da temperatura da folha igual ou ligeiramente inferior à do ambiente, comprova a capacidade de refrigeração das plantas, via transpiração por meio da manutenção de elevada condutância estomática, com o objetivo de manter a planta protegida das altas temperaturas. Porém, esse comportamento não foi observado na presente pesquisa, onde a temperatura média do ar registrada foi em torno de 21 °C e a temperatura foliar acima dos 30°C.

A elevação da temperatura foliar em resposta ao estresse hídrico pode ser explicada pela redução na perda de calor latente através da transpiração que, normalmente, reduz nessas condições, segundo Endres et al. (2010).

Ainda, Oliveira et al. (2005) acrescentam, que a temperatura foliar apresenta estreita relação com a resistência estomática pois, com o aumento da resistência estomática, tem-se diminuição da transpiração foliar e aumento na temperatura das folhas. Além disso, altas temperaturas podem degradar clorofilas e também ocorrer estímulo da atividade oxigenase da Rubisco (fotorrespiração) (RIBEIRO et al., 2009).

O déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ($DPV_{\text{folha-ar}}$) teve maior valor em plantas que tiveram a supressão da rega por oito dias em ambos os períodos avaliados (Figura 7).

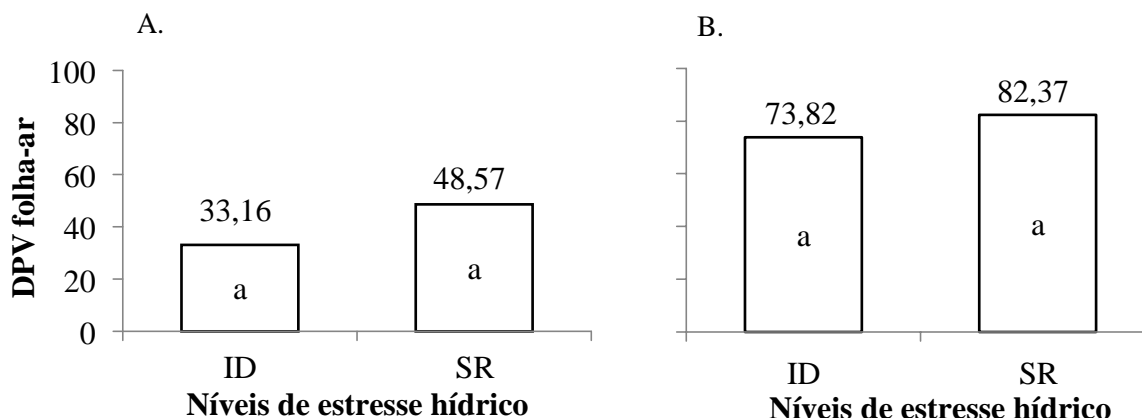
Atribui-se este comportamento em função do fechamento dos estômatos para evitar a perda de água em condições de deficiência hídrica, permitindo assim a planta manter seu status hídrico.

Resultados que corroboram foram descritos por Lelis (2014) que obteve maior valor de $DPV_{\text{folha-ar}}$ a medida que decrescia a condutância estomática ao oitavo dia de supressão da rega em plantas de capim limão. No entanto, após a reidratação $DPV_{\text{folha-ar}}$ aumentou, o que pode ter ocorrido em consequência da temperatura foliar não diminuir o suficiente após a reidratação ao ponto de influenciar nesta variável.

Araújo et al. (2010) mencionam que a deficiência hídrica pode causar o fechamento estomático, o que reduz a taxa transpiratória, em consequência aumenta a temperatura foliar e o $DPV_{\text{folha-ar}}$, levando à redução da fotossíntese.

Em relação a EUA e EiC não verificaram-se diferenças significativas. Observou-se que as plantas aos oito dias da suspensão da rega obtiveram melhor desempenho quanto a

Figura 7. Déficit de pressão de vapor folha-ar ($DPV_{\text{folha-ar}}$) em *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.



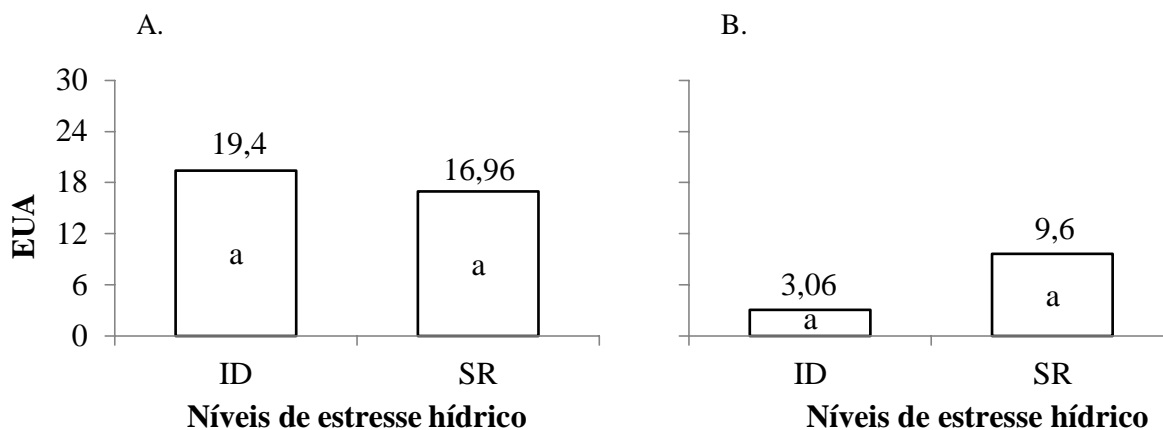
Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

estas taxas em relação ao observado após a reidratação. Porém, observou-se que as plantas induzidas ao estresse hídrico recuperaram a EUA após a reidratação em relação ao controle (ID) (Figura 8). Enquanto para a EiC houve decréscimo após a reidratação (Figura 9).

Provavelmente isso ocorre devido a planta em condições de déficit hídrico acionar mecanismos de defesa, com o fechamento dos estômatos diminuindo a condutância estomática e consequentemente a redução na transpiração que levam ao aumento da eficiência do uso da água (TAIZ; ZEIGER, 2011).

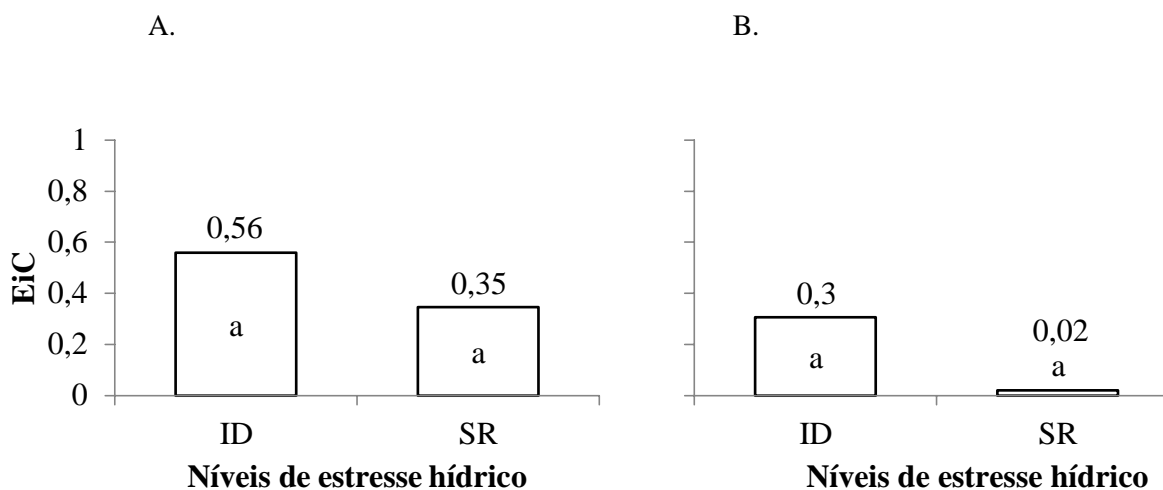
Em tomateiro observaram-se a mesma tendência quando cultivado sob estresse hídrico, onde respondeu positivamente no fornecimento das lâminas de água de aproximadamente 85% da E_{Tr} , obtendo-se, nesta, a máxima EUA das plantas, sendo que, reduzindo a irrigação a partir desta lâmina, ocorreu redução desta variável fisiológica (SOARES et al., 2012).

Figura 8. Eficiência instantânea do uso da água (EUA) em *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 9. Eficiência intrínseca de carboxilação (EiC) em *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos, ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Em gergelim Sousa et al. (2014) ressaltaram que reduções nas lâminas de irrigação a partir de 185,44 mm promoveram a redução na taxa transpiratória. Estes autores creditam este resultado ao ajustamento osmótico apresentado pela planta naquelas condições, ajustando-se a abertura estomática e a taxa fotossintética.

Uma característica quantificável da tolerância a seca é o potencial de recuperação, crescimento e capacidade de se desenvolver após a planta passar do estado de estresse hídrico com a reidratação. Na Tabela 4 constam os percentuais de recuperação e perda nos componentes das trocas gasosas, onde, observou-se que para as variáveis E , C_i e T_f houve recuperação após a reidratação comparado com o aferido aos oito dias da suspensão da rega. Por outro lado, houve decréscimo nas taxas de A , g_s , E_iC e EUA , resultados estes semelhantes aos verificados por Sousa et al. (2014) em plantas de gergelim após estresse hídrico, sendo observadas alterações na fotossíntese líquida, transpiração e na abertura estomática.

3.2 Teor Relativo de água na folha (TRA)

De acordo com a análise de variância o TRA foi significativo apenas para os efeitos do estresse no período da suspensão da rega.

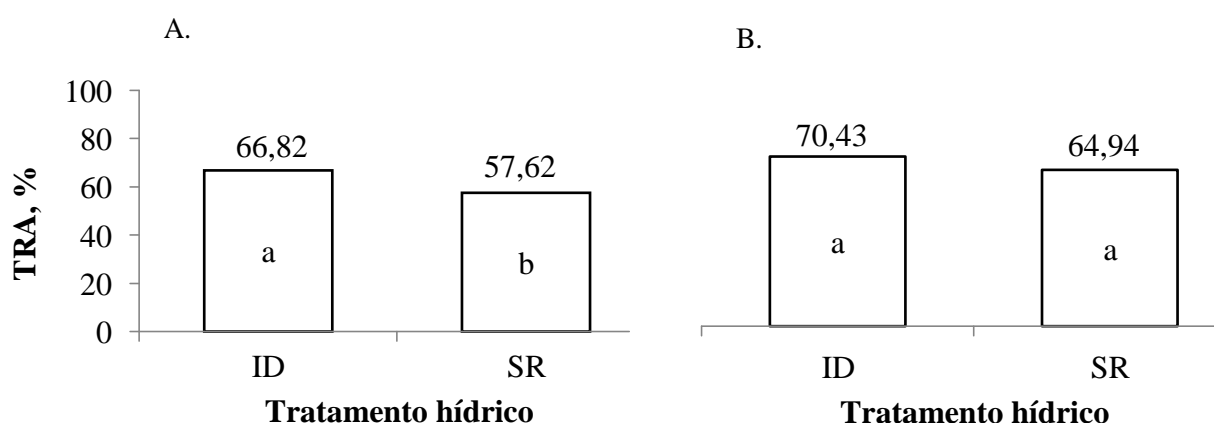
O TRA manteve-se com valores médios em torno de 70% para as plantas com irrigação diária, enquanto naquelas submetidas a suspensão da rega foi de 57,5% durante a suspensão da rega e de 64% após a reidratação, observando-se uma ligeira recuperação (Figura 10).

Hsiao (1973) considera que queda no TRA de 10 a 20% indica estresse moderado, no presente estudo observou queda de 12,5%, o que sugere que o tratamento de estresse hídrico não foi suficiente para causar estresse severo ao ponto de ser letal.

Tabela 4. Recuperação e perda (%) das variáveis fisiológicas do *Sesamum indicum*, da suspensão da rega à reidratação. SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.

	Recuperação			Perda			
	<i>E</i>	<i>Ci</i>	<i>Tf</i>	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>EiC</i>	<i>EUA</i>
SR	76,53	98,75	19,76	16,50	9,61	94,37	43,37

Figura 10. Teor relativo de água na folha (TRA) de *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), A. (oitavo dia de estresse) e B. (após a reidratação). Bananeiras, PB. 2014.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Portanto, este comportamento parece estar associado ao menor controle estomático das perdas de água, em resposta à diminuição da disponibilidade de água no solo.

Sinclair e Ludlow (1986) indicaram que, para a manutenção do TRA é necessário que tenha baixos valores de condutância estomática sob condições de deficiência hídrica severa, em que os estômatos permanecem fechados na maior parte do dia, portanto, a sensibilidade dos estômatos à redução da umidade do solo torna-se um comportamento desejável no

desenvolvimento de novos genótipos mais tolerantes ao déficit hídrico, que apresentem uma rápida retomada da atividade fotossintética após a reidratação.

Resultados que corroboram os aqui encontrados foram verificados em feijoeiro onde os valores de TRA das plantas foram utilizados como indicador fisiológico do nível de estresse hídrico. Quando sob restrição hídrica de quatro dias as plantas atingiram TRA em torno de 70%, considerado por estes autores como estresse severo, e após a reidratação houve ganho de 30% aproximadamente nesta variável (SILVA et al., 2012).

3.3 Análise de crescimento

Para a altura de planta (AP) observou-se significância para os efeitos do tratamento hídrico e hormonal aos 30 e 45 DAE e a interação significativa dos fatores ocorreu aos 75 e 90 DAE (Tabela 5).

Aos 30 e 45 DAE a altura de planta foi maior nas plantas sob irrigação diária naquelas que não receberam o AS e no maior nível do fitohormônio, respectivamente (Figura 11).

Aos 75 e 90 DAE verificou-se que a aplicação de AS resultou em plantas de menor altura no tratamento sob suspensão da rega (Tabela 6). Enquanto as plantas que não receberam o AS, verificou-se menor diferença entre ambos os tratamentos hídricos, já a maior amplitude na AP foi observada em plantas tratadas com 12 mg L⁻¹ de AS, aproximadamente 30 cm menor em plantas sob suspensão da rega aos 75 DAE e de 23 cm aos 90 DAE (Figura 12).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para a altura de planta (AP) de *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS). Bananeiras, PB. 2014.

F.V	GL	Pr > F					
		AP 15 DAE	AP 30 DAE	AP 45 DAE	AP 60 DAE	AP 75 DAE	AP 90 DAE
Bloco	4						
Estresse	1	0,266 ^{ns}	0,004**	0,304 ^{ns}	0,534 ^{ns}	<,0001**	<,0001**
Nível	3	0,352 ^{ns}	0,008**	0,002**	0,070 ^{ns}	<,0001**	<,0001**
Estresse*Nível	3	0,088 ^{ns}	0,130 ^{ns}	0,169 ^{ns}	0,220 ^{ns}	0,002**	0,009**
Resíduo	28						
CV (%)		19,82	18,17	9,74	10,17	7,86	6,47

ns - Não significativo, ** - Significativo a 1% , * a 5% pelo teste de F.

Figura 11. Altura de planta (AP) de *Sesamum indicum* aos 30 DAE (A) e 45 DAE (B), submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.

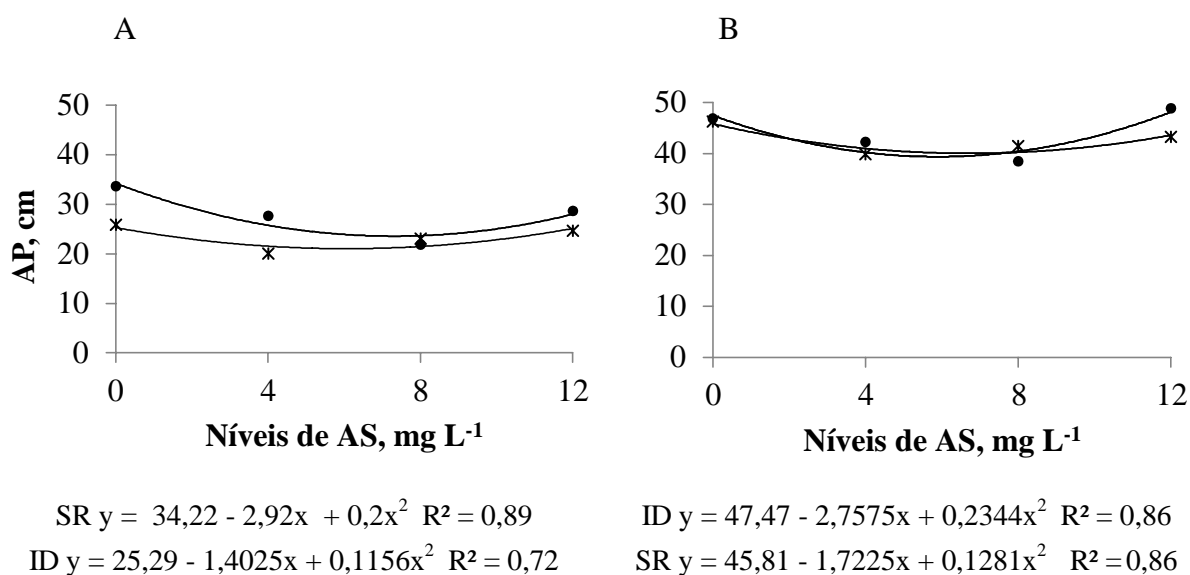
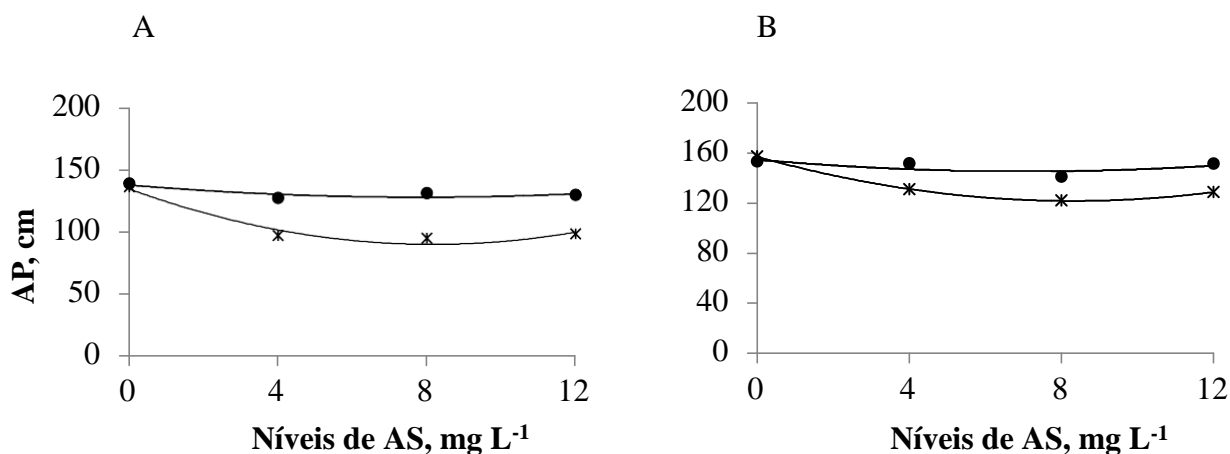


Tabela 6. Desdobramento da interação de níveis de ácido Salicílico (AS) e tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), na altura de planta (AP) de *Sesamum indicum* aos 75 e 90 DAE. Bananeiras, PB, 2014.

Período	Tratamentos	Níveis de ácido Salicílico, mg L ⁻¹			
		0	4	8	12
AP 75 DAE	ID	138,80Aa	127,40Aa	131,20Aa	129,80Aa
	SR	136,20Aa	97,63Bb	95,50Bb	98,96Bb
DMS		13,43			
AP 90 DAE	ID	153,20Aa	151,60Aa	141,00Aa	151,40Aa
	SR	157,20Aa	131,00Bb	122,00Bb	128,69Bb
DMS		12,82			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 12. Altura de planta (AP) de *Sesamum indicum* aos 75 DAE (A) e 90 DAE (B) submetido à tratamento hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB, 2014.



ID $y = 137,78 - 2,455x + 0,1563x^2$ $R^2 = 0,71$
 SR $y = 134,66 - 10,727x + 0,6567x^2$ $R^2 = 0,96$

ID $y = 154,7 - 2,65x + 0,1875x^2$ $R^2 = 0,52$
 SR $y = 157,12 - 8,5301x + 0,5139x^2$ $R^2 = 0,99$

A restrição hídrica tanto nas fases iniciais quanto nas mais tardias do vegetal não limita somente o acúmulo de biomassa foliar, mas também o crescimento de ramos e caule (TAIZ; ZEIGER, 2011). Em condições de estresse representado por 16 dias de suspensão da rega o *Sesamum indicum* apresentou redução na altura da planta, com decréscimo de 33,78% aos 98 dias após a semeadura, em relação ao tratamento controle (SOUZA et al., 2000).

Em cafeeiro (*Coffea canephora*) na fase inicial de desenvolvimento (aos 40 dias após o transplantio) observaram-se diferenças significativas na altura de plantas submetidas a 35 dias de suspensão da rega em relação as que receberam irrigação diária. No entanto, quando a suspensão da rega foi imposta aos 60 e 80 dias após o transplantio das mudas não verificaram diferenças significativas para esta variável, provavelmente, em função do maior desenvolvimento das plantas as mesmas apresentavam menor sensibilidade ao estresse hídrico (PIZETTA et al., 2012). Já em sambacaitá (*Hyptis pectinata*) a redução em altura foi de 21,5% e 71,5% aos 15 e 30 dias de estresse hídrico, respectivamente, quando comparadas com o controle.

No maior nível de estresse hídrico (severo) as plantas de sambacaitá apresentaram murcha acentuada, culminando com a morte das mesmas por volta dos 40 dias (CARVALHO et al., 2012).

Segundo Kerbaui (2008) a perda do turgor provoca o fechamento dos estômatos, a redução das taxas fotossintética e transpiratória o que interfere em muitos processos metabólicos, levando à morte da maioria dos vegetais.

A área foliar do *Sesamum indicum* foi influenciada pelo fator estresse em todas as avaliações, com exceção dos 30 DAE, todavia, considerando os efeitos do fator nível foi significativo apenas aos 60 e 90 DAE (Tabela 7) e (Figuras 13 e 14).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para a área foliar (AF) de *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS). Bananeiras, PB. 2014.

FV	GL	Pr > F					
		AF 15 DAE	AF 30 DAE	AF 45 DAE	AF 60 DAE	AF 75 DAE	AF 90 DAE
Bloco	4						
Estresse	1	0,002**	0,674 ^{ns}	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
Nível	3	0,130 ^{ns}	0,093 ^{ns}	0,123 ^{ns}	0,004**	0,057 ^{ns}	0,008**
Estresse*Nível	3	0,288 ^{ns}	0,213 ^{ns}	0,279 ^{ns}	0,079 ^{ns}	0,125 ^{ns}	0,294 ^{ns}
Resíduo	28						
CV (%)		40,52	23,89	24,95	29,70	25,90	31,15

ns - Não significativo, ** - Significativo a 1% , * a 5% pelo teste de F.

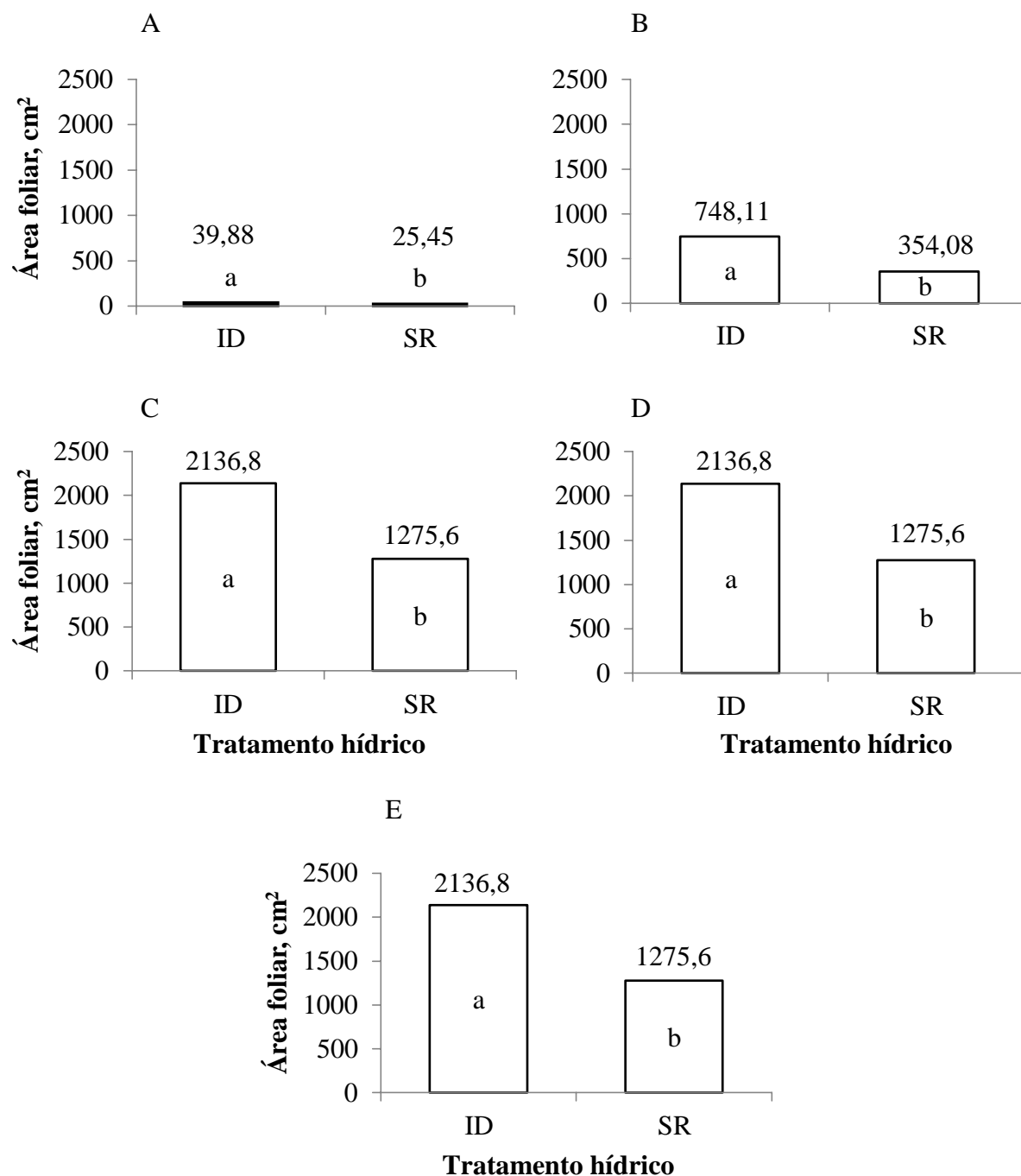
Santos et al. (2012) verificaram que as plantas de trigo que sofreram estresse hídrico pelo período de dez dias no início do período de florescimento tiveram diferenças significativas na área foliar, em comparação com o tratamento irrigado.

A ocorrência destes resultados pode ser explicado em função do baixo nível de água no solo, que se constitui em um dos principais fatores limitantes ao crescimento vegetal, comprometendo a formação dos tecidos, tal como da expansão e diferenciação celular, que acarreta a diminuição da área foliar, que limita não apenas o tamanho das folhas, mas também a emissão de novas folhas (TAIZ; ZEIGER, 2011).

Diante dos resultados pode-se inferir que o *Sesamum indicum* apresenta sensibilidade para a variável em questão em condição de estresse hídrico, uma vez que apresentou menor área foliar em todo o ciclo da cultura quando comparado as plantas continuamente regadas.

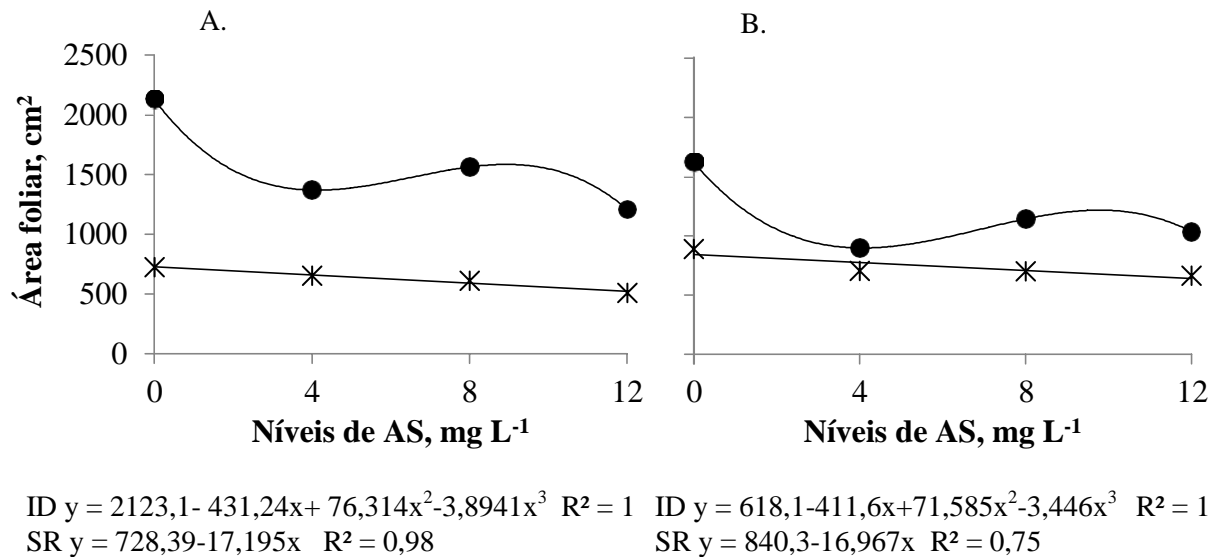
Aumento no acúmulo de biomassa pode ser atribuído aos efeitos do AS em condições de deficiência hídrica, sendo o fitohormônio um protetor dos efeitos do estresse hídrico contribuindo com a capacidade de estabilizar as membranas celulares, no entanto, resposta no

Figura 13. Área foliar (AF) de *Sesamum indicum* aos 15 DAE (A), 45 DAE (B), 60 DAE (C), 75 DAE (D) e 90 DAE (E) submetido à tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 14. Área foliar (AF) de *Sesamum indicum* aos 60 DAE (A) e 90 DAE (B) submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.

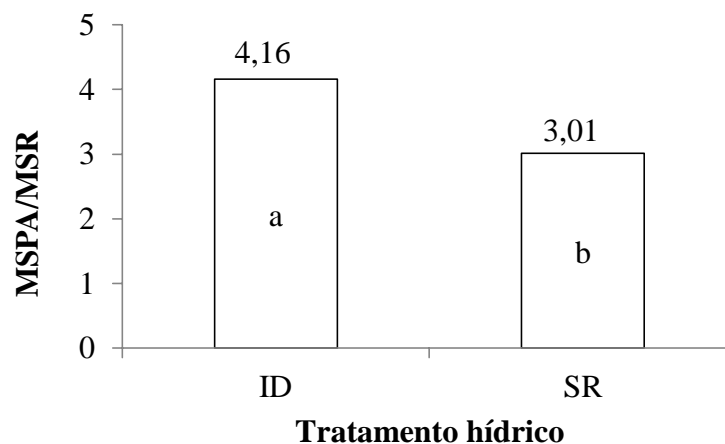


incremento de biomassa não fora observada na presente pesquisa, provavelmente a baixa concentração de AS utilizada pode ser atribuído a este comportamento em plantas de gergelim. Em mudas de eucalipto (*Eucalyptus* sp) foi observado aumento na área foliar somente na maior concentração de AS testada (300 mg L⁻¹) (MAZZUCHELLI et al., 2014).

O estresse hídrico aplicado, apesar de ser de curta duração, foi suficiente para induzir alterações no acúmulo de biomassa tanto da parte aérea quanto radicular das plantas de gergelim. Verificaram-se efeitos dos tratamentos hídricos nas variáveis MSPA e MSR avaliadas ao final do ciclo da cultura, sem contudo, sofrer influência significativa dos níveis de AS.

Observou-se que a produção de matéria seca da planta foi superior naquelas sem restrição hídrica. Contudo, a razão MSPA/MSR foi menor nas plantas submetidas a suspensão da rega (Figura 15).

Figura 15. Razão massa seca da parte aérea e raiz (MSPA/MSR) de *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Comportamento coerente com o esperado, pois em condições de restrição hídrica espera-se maior incremento na produção de biomassa radicular em detrimento da parte aérea, na tentativa de fornecer a planta condições de maior exploração do ambiente edáfico em busca de umidade e menor superfície transpiracional. Santos e Carlesso (1998) relataram que o déficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do solo, nestas condições há maior expansão das raízes, devido ao secamento da superfície do solo.

Pinto (2006) verificou redução nas variáveis matéria seca da raiz, parte aérea e matéria seca total na ordem de 20,8% do *Sesamum indicum* quando submetido a dois ciclos de deficiência hídrica. As alterações morfofisiológicas provocada pelo déficit hídrico depende do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS; CARLESSO, 1998).

3.4 Componentes da produção

Os resultados da análise de variância dos componentes de produção constam na Tabela 8.

Para o número de frutos por planta não houve significância dos fatores (Figura 16). O número de frutos por planta quando submetida a suspensão da rega foi de aproximadamente 11% superior quando comparado com aquelas irrigadas diariamente. Enquanto, em feijoeiro (*Vigna unguiculata*) sob estresse hídrico moderado durante a fase reprodutiva (75% de esgotamento de água disponível no solo) observaram redução de 60% na produção de grãos quando comparado com o tratamento com irrigação plena (NASCIMENTO et al., 2011).

Neste sentido, a suspensão da rega aos 30 DAE por oito dias consecutivos parece não afetar de forma expressiva a fenofase de frutificação do *Sesamum indicum*, e, provavelmente, o ácido salicílico não contribuiu para atenuar os efeitos negativos do estresse hídrico na produção por planta, considerando que nos menores níveis de AS a produção diminuiu, no entanto, no maior nível aplicado verificou-se produção semelhante a obtida no nível zero do fitohormônio, comportamento observado em ambos tratamentos hídricos.

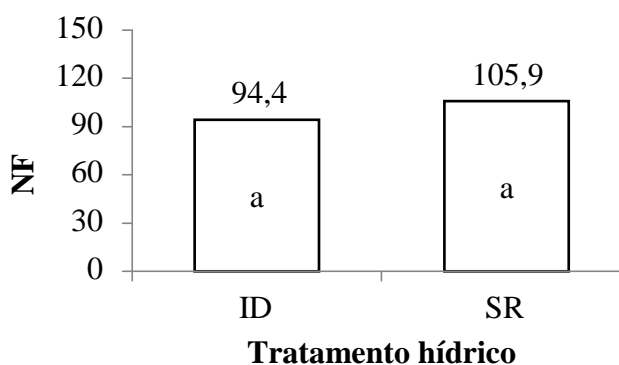
De acordo com Mardani et al. (2012) o AS pode desempenhar papel na redução da sensibilidade do vegetal e atenuar os efeitos adversos causados pela deficiência hídrica, devido a sua capacidade de induzir proteção em plantas. De forma a corroborar Arruda et al. (2015) mencionaram que em condições de deficiência hídrica há diminuição na taxa fotossintética, ocasionando redução no crescimento da planta e afetando a formação e desenvolvimento de sementes, os quais influenciam diretamente na produção.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para os componentes de produção de *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS). Bananeiras, PB. 2014.

F.V	GL	Pr > F				
		NF	PS	SF	MMIL	IC
Bloco	4					
Estresse	1	0,127 ^{ns}	0,6984 ^{ns}	0,3929 ^{ns}	0,1101 ^{ns}	0,066 ^{ns}
Nível	3	0,067 ^{ns}	0,0249 [*]	0,0001 ^{**}	<,0001 ^{**}	0,011 [*]
Estresse*Nível	3	0,220 ^{ns}	0,5602 ^{ns}	0,007 ^{**}	0,0296 [*]	0,173 ^{ns}
Resíduo	28					
CV %		23,06	20,69	11,43	7,83	25,9

ns - Não significativo, ** - Significativo a 1% , * a 5% pelo teste de F.

Figura 16. Número de frutos por planta (NF) de *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.¹



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Provavelmente, pode-se atribuir a este componente da produção o fato da suspensão da rega ter sido imposto no início da floração, permitindo assim, tempo hábil até a colheita para a planta se recuperar e expressar o seu potencial produtivo.

De maneira geral, a planta em condições de estresse hídrico tende a reduzir o crescimento vegetativo em detrimento dos componentes de produção, assim, Bally et al. (2000) observaram que o estresse hídrico aumentou a frutificação pelo aumento do número de panículas terminais da mangueira 'Kensington Pride' que verificaram a importância do estresse hídrico durante o período de desenvolvimento da gema floral da mangueira, refletindo em aumento de 9% na produção anual e em redução de 20% no uso da água.

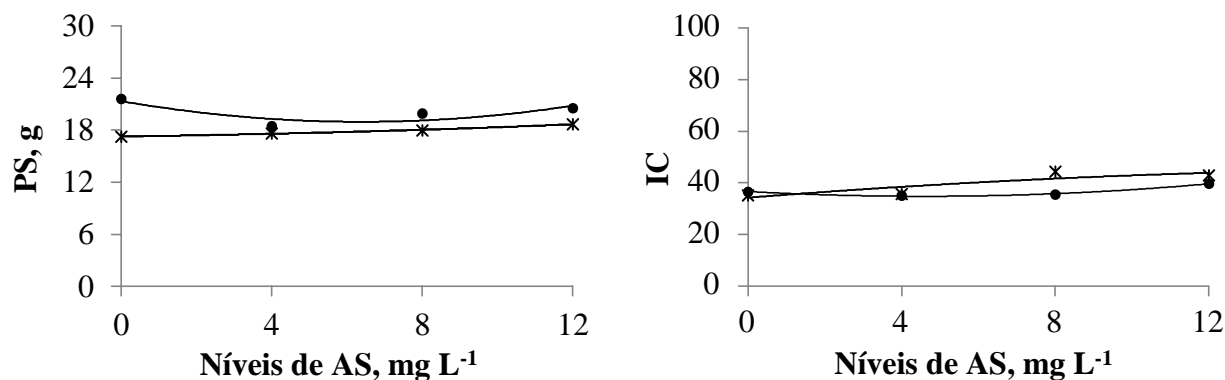
Esses autores relataram que após duas semanas de estresse e que a porcentagem de flores por brotações e o número de flores por planta aumenta com o tempo de duração do estresse, sendo os maiores valores obtidos após cinco semanas de estresse. Ainda afirmaram que o efeito do estresse é variável, não só em função da espécie ou variedade, mas também do tempo em que as plantas permanecem submetidas à condição estressante.

O Peso de sementes (PS) e o índice de colheita (IC) tiveram influência do fator nível (Figura 17).

Em plantas irrigadas diariamente as sementes tiveram maior peso quando não receberam ácido Salicílico, comportamento contrário foi verificado em plantas sob a suspensão da rega, quando o maior peso de semente foi atingido com 12 mg L⁻¹ de AS. Os maiores valores de IC foram observados no tratamento com suspensão da rega e o maior nível de AS (12 mg L⁻¹), de forma semelhante ocorreu com as plantas sem restrição hídrica.

Para o número de sementes por fruto e a massa de mil sementes observou-se efeitos da interação dos níveis de AS e dos tratamentos hídricos (Tabela 9). A medida que elevou-se o nível de AS houve decréscimo nas variáveis supracitadas em ambos tratamentos hídricos. (Figuras 18).

Figura 17. Peso de semente (PS) e índice de colheita (IC) de *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega), Bananeiras, PB. 2014.



$$\text{ID } y = 22,289 - 1,0094x + 0,0742x^2 \quad R^2 = 0,76$$

$$\text{ID } y = 36,619 - 0,809x + 0,0881x^2 \quad R^2 = 0,98$$

$$\text{SR } y = 17,278 + 0,0539x + 0,0052x^2 \quad R^2 = 0,99$$

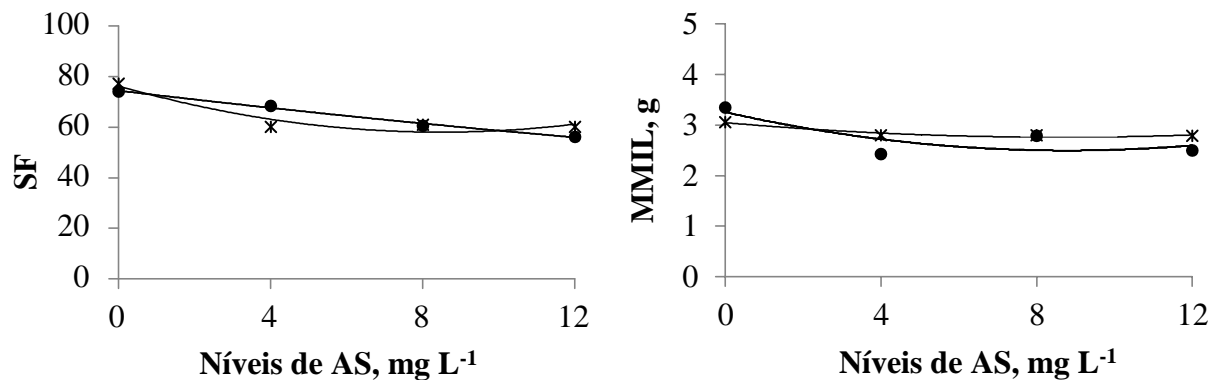
$$\text{SR } y = 34,245 + 1,1699x - 0,0308x^2 \quad R^2 = 0,75$$

Tabela 9. Desdobramento da interação de níveis de ácido Salicílico (AS) e tratamentos hídricos, sendo ID (irrigação diária) e SR (suspensão da rega), no número de semente por fruto (SF) e massa de mil sementes (MMIL) de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB, 2014.

Período	Tratamentos	Níveis de ácido Salicílico, mg L ⁻¹			
		0	4	8	12
SF	ID	74,13Aa	68,44Aa	60,6ABa	56,19Ba
	SR	77,24Aa	60,19Ba	60,99Ba	60,19Ba
DMS		9,31			
MMIL	ID	3,35Aa	2,43Ba	2,79Aa	2,5Ba
	SR	3,06Aa	2,80Aa	2,80Aa	2,79Aa
DMS		0,28			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 18. Número de semente por fruto (SF) e massa de mil sementes (MMIL) de *Sesamum indicum* submetido à tratamentos hídricos e níveis de ácido Salicílico (AS), sendo • ID (irrigação diária) e x SR (suspensão da rega). Bananeiras, PB. 2014.



$$\begin{aligned} \text{ID } y &= 1,7815x - 1,7815x + 0,02x^2 \quad R^2 = 0,99 & \text{ID } y &= 3,2535 - 0,1729x + 0,0098x^2 \quad R^2 = 0,64 \\ \text{SR } y &= 76,267 - 4,3056x + 0,2539x^2 \quad R^2 = 0,91 & \text{SR } y &= 3,0465 - 0,0671x + 0,0039x^2 \quad R^2 = 0,93 \end{aligned}$$

Apesar da ausência de significância entre os tratamentos hídricos observou-se que as plantas sob suspensão da rega apresentaram maior número de sementes por fruto quando comparadas aquelas que receberam rega diária.

Resultados que diferem a este foram observados por Oliveira et al. (2011) ao analisar respostas de feijoeiro à lâminas de irrigação, onde a massa de vagens apresentou crescimento linear a medida que elevou-se os níveis de água aplicado.

Nesse sentido, analisando-se o número de grãos por vagem em cultivares de feijão caupi frente a crescentes níveis de reposição hídrica (40, 60, 80 e 100% da ETo), observou-se ajuste linear crescente para essa variável (Dutra et al., 2015).

Em plantas de amendoim o déficit hídrico causou alterações fisiológicas, provocando redução, principalmente, no número de vagens por planta e no rendimento total, por outro

lado, verificou-se que os componentes massa de cem sementes e número de sementes por vagem foram afetados em menor intensidade (ARRUDA et al., 2015).

Também constatado por Santos et al. (2012) a deficiência hídrica afetou negativamente o rendimento de grãos de trigo por área e não houve redução expressiva na massa de mil grãos, o que indica a maior influência da deficiência hídrica no número de grãos por espiga e não na fitomassa de grãos, caracterizando assim a fase de pré-antese como a mais sensível a deficiência hídrica.

4 CONCLUSÕES

O estresse hídrico reduziu a taxa de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração, enquanto, aumentou a temperatura foliar de plantas do *Sesamum indicum*;

A CNPA Seda não sustentou o Teor relativo de água foliar no período de déficit hídrico;

O déficit hídrico proporcionou diminuição na altura e área foliar de plantas de gergelim;

O ácido Salicílico não atenuou os efeitos do estresse hídrico sobre os componentes de produção de *Sesamum indicum*.

5 AGRADECIMENTO

Ao mentor e idealizador deste trabalho Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão (*In memoriam*).

6 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. A. et al. Ecofisiologia do gergelim (*Sesamum indicum* L.). In: BELTRAO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão manso e sisal**. 1. Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2011. p. 163-194.
- ANAND, A. et al. Salicylic acid and systemic acquired resistance play a role in attenuating crown gall disease caused by *Agrobacterium tumefaciens*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 46, p. 730-715, 2008.
- ARAÚJO, S.A.C.A. et al. Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.) em estresse hídrico. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, PR, v.32, n.1, p.1-7, 2010.
- ARRUDA, I. M. et al. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 146-154, 2015.
- BALLY, I. S. E.; HARRIS, M.; WHILEY, A. W. Effect of water stress on flowering and yield of 'Kensington Pride' mango (*Mangifera indica* L.). **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 509, p. 277-282, 2000.
- CARNEIRO, M. M. L. C. Trocas Gasosas e Metabolismo **Antioxidativo em Plantas de Girassol em Resposta ao Déficit Hídrico**. 2001. 43 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia vegetal) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2011.
- CARVALHO, J. S. B.; MARTINS, J. D. L.; MOREIRA, K. A. Respostas fisiológicas de *Hyptis pectinata* (L.) Poit. ao estresse hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, PB, v. 12, n. 2, 2012.
- CHAVES, M. M. et al. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. **Annals of Botany**, Oxford, v. 105, n. 5, p. 661-676, 2010.
- DUTRA, A. F. et al. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v.10, n.2, p.189-197, 2015.
- ENDRES, L. et al. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 14, n. 1, p. 11–16, 2010.
- GONÇALVES, J. G. R. **Identificação de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes à seca**. 2013. 82 f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP, 2013.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v. 01, n. 02, p. 96-99, 1985.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 24, p. 519-570, 1973.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 452 p.

LELIS, R. T. **Efeito de diferentes períodos de estresse hídrico sobre a capacidade fotossintética, o crescimento e o teor de óleo essencial em *Cymbopogon citratus* (Poaceae)**. 2014. 50 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos de Goytacazes, RJ. 2014.

LIMA, A. A. F. **Respostas fisiológicas de cultivares de feijão [*Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walph] submetidas a deficiência hídrica: uma alternativa para a agricultura familiar do semiárido sergipano**. 2008. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2008.

LOBO, F. A. et al. Intercâmbio gasoso em plantas jovens e adultas de *Tectona grandis* cultivadas no cerrado do Brasil central. **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, MT, v. 9, p. 126-143, 2007.

LOPES, M. S. et al. Enhancing drought tolerance in C4 crops. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n.9, p. 3135-3153, 2011.

LU, C.; ZHANG, J. Effects of water stress on photosystem II photochemistry and its thermostability in wheat plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 50, n. 336, p. 1199-1206. 1999.

MARDANI, H. et al. Assessment of Salicylic Acid Impacts on Seedling Characteristic of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) under Water Stress. **Notulae Scientia Biologicae**, Romania, v. 4, n. 1, p. 112-115, 2012.

MAZZUCHELLI, E. H. L.; SOUZA, G. M.; PACHECO, A. C. Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Cuiabá, MT, v. 44, n. 4, p. 443-450, 2014.

NASCIMENTO, S. P. et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 8, 2011.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 25, n. 1, p. 86-95, 2005.

OLIVEIRA, G. A. et al. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v.42, n.4, p.872-882, 2011.

PINTO, C. de M. **Respostas morfológicas e fisiológicas do amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 2006.

PIZETTA, S. C. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, GO, v. 8, n. 15, p. 1090, 2012.

RIBEIRO, R.V. et al. Seasonal and diurnal changes in photosynthetic limitation of young sweet orange trees. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 66, p. 203-211, 2009.

SANTOS, D. et al. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 8, p. 836-842, 2012.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SAS. **SAS Software**. Version 9.1. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999.

SILVA, C. D. S. et al. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas a deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.23, n.4, p.7-13, 2010.

SILVA, H. A. P. et al. Expressão gênica induzida por estresses abióticos em nódulos de feijão caupi. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 6, p. 797-807, 2012.

SILVA, L. C. et al. Um método simples para se estimar área foliar de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, PB, v. 6, n. 1, p. 491-496, 2002.

SILVA, L.C. et al. Um método simples para estimar para se estimar área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosas Fibrosas**, Campina Grande, PB, v.6, n.1, p. 491-496, 2002.

SOARES, L. A. A. et al. Respostas fisiológicas tomateiro na fase de floração sob estresse hídrico. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 8, n. 1, p. 51-55, 2012.

SOUSA, G. G. et al. Lâminas de irrigação para cultura do gergelim com biofertilizante bovino. **Magistra**, Cruz das Almas, BA, v. 26, n. 3, p. 347 - 356, 2014.

SOUZA, J. G.; BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. W. S. Fisiologia e produtividade do gergelim em solo com deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, PB, v. 4, n. 3, p. 163-168, 2000.

SOUZA, V. F. **Estudo de rede para compreender as respostas fotossintéticas de cafeeiros em condições de deficiência hídrica**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 690 p.

VIEIRA, J. G. **Aplicação exógena de ácido salicílico no feijoeiro**. 48 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP. 2011.

ARTIGO II

Fisiologia de cultivares de *Sesamum indicum* L. em resposta a aplicação de benziladenina

RESUMO - *Sesamum indicum* é uma planta oleaginosa adaptada às condições semiáridas. Buscou-se investigar as respostas fisiológicas de diferentes genótipos mediante aplicação de Benziladenina. Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições em esquema fatorial, sendo três genótipos de *Sesamum indicum* (CNPA G3, CNPA G4 e BRS Seda) e quatro níveis de benziladenina (BA). A aplicação hormonal se deu aos 30, 37 e 42 DAE, através de pulverizações. Quinzenalmente efetuou-se a mensuração das variáveis biométricas e massa seca da raiz e parte aérea. As trocas gasosas foram avaliadas aos 80 DAE e ao final do ciclo avaliou-se os componentes de produção, bem como o teor de óleo e energia bruta das sementes. Realizou-se análise de variância pelo teste F, teste de Tukey e análise de regressão. Houve significância para o fator cultivar para fotossíntese líquida, concentração interna de CO₂, altura da planta, diâmetro e comprimento radicular. Para o número de fruto por planta houve respostas aos tratamentos, onde a máxima eficiência técnica foi estimado para 4,72 mg L⁻¹ de BA, correspondendo ao número mínimo de 96,55 frutos por planta na CNPA G3, que também apresentou maior índice de colheita. A energia bruta sofreu efeito do tratamento hormonal com máxima eficiência técnica de 4,81 mg L⁻¹ de benziladenina que correspondeu a 682,2 kcal por 100 de sementes para a CNPA G3. O BA proporcionou menor fotossíntese e não influenciou nos componentes de produção, enquanto aumentou a energia bruta nas sementes. Na ausência do BA a CNPA G3 obteve a maior produtividade.

Palavras-chave: Fitohormônio, Gergelim, Trocas gasosas, Oleaginosa.

Physiology of *Sesamum indicum* L. cultivars in response to benzyladenine application

ABSTRACT - *Sesamum indicum* is an oleaginous plant adapted to semi-arid conditions. We sought to investigate the physiological responses of different genotypes by applying benzyladenine. He adopted the design of randomized blocks with four replications in factorial design, with three genotypes of *Sesamum indicum* (CNPA G3, CNPA G4 and CNPA BRS Seda) and four levels of benzyladenine (BA). Hormonal application was given at 30.37 and 42 DAE, through spraying. Every two weeks he performed the measurement of biometric variables and dry weight of root and shoot. Gas exchanges were evaluated at 80 DAE and at the end of the cycle we evaluated the production of components and the oil content of the seeds and raw energy. We conducted analysis of variance by F test, Tukey test and regression analysis. There was significance to cultivate factor for net photosynthesis, internal CO₂ concentration, plant height, diameter and root length. For the number of fruit per plant was no response to treatment where the maximum technical efficiency was estimated to 4.72 mg L⁻¹ BA, corresponding to the minimum number of fruits per plant in CNPA 96.55 G3, which also

showed a higher rate collection. Gross energy was affected by the hormonal treatment with maximum technical efficiency of 4.81 mg L⁻¹ benzyladenine corresponding to 682.2 kcal per 100 seeds for the CNPA G3. The BA provides lower photosynthesis and did not influence the production of components, while increasing gross energy in the seeds. In the absence of the CNPA BA G3 had the highest productivity.

Keywords: Phytohormone, Sesame, Gas exchange, oleaginous.

1 INTRODUÇÃO

Grãos de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae - gergelim) são um alimento de alto valor nutricional, rico em proteína e óleo de elevada qualidade e bastante apreciados a nível mundial (QUEIROGA et al., 2009). A planta também é reconhecida por possuir mecanismos de tolerância a seca e é bem adaptada a tecnologias de baixo custo, o que torna o seu cultivo propício em especial para o Semiárido Nordeste, podendo ser cultivada tanto nos sistemas convencional como também no agroecológico (GRILO; AZEVEDO, 2013).

Apresenta um bom potencial econômico graças a demanda elevada pelos seus produtos, porém, a produtividade é inferior a expectativa e, atualmente a produção brasileira não atende ao consumo interno, resultando assim na importação do grão ou óleo. O óleo é rico em ácidos graxos insaturados e apresenta vários constituintes secundários que lhe conferem qualidade, entre os quais se encontram o sesamol, a sesamina e a sesamolina (BELTRÃO et al., 2010; QUEIROGA et. al., 2010). Atualmente, é notório o interesse voltado aos antioxidantes naturais presentes no *Sesamum indicum* (KOURI; ARRIEL, 2009).

Sesamum indicum caracteriza-se por ser uma planta anual herbácea, de flores hermafroditas, fruto é uma cápsula oblonga pilosa, com sementes oleaginosas. Pode atingir altura de até 3 m, caule com ou sem ramificações, com razoável heterofilia, e ciclo

reprodutivo variável de três a cinco meses, e apresenta desenvolvimento radicular profundo e vigoroso (ALBUQUERQUE et al., 2011).

Na literatura atual, ainda são escassas as contribuições sobre a agrofisiologia da cultura do *Sesamum indicum*, bem como inferências mais acuradas sobre a produção de energia por meio da assimilação clorofiliana, a partição de fotossintatos para os drenos úteis são importantes para prover um melhor manejo da cultura nos agroecossistemas locais (FEITOSA et al., 2013).

Pesquisas recentes apontam que a aplicação exógena de reguladores de crescimento pode ser usada para estimular a resposta produtiva das plantas (DOORN et al., 2011), em especial a benziladenina ($C_{12}H_{11}N_5$) tem-se mostrado eficiente para retardar a senescência e amarelecimento de folhas, bem como impedir a queda de frutos de diversas espécies vegetais (COSTA-SILVA et al., 2012).

Nos últimos anos tem crescido o interesse científico em pesquisas relacionadas ao comportamento ecofisiológico de *Sesamum indicum* frente às condições semiáridas, visando prover o conhecimento e consequentemente a exploração viável e sustentável desta oleaginosa. Observa-se a escassez de trabalhos que abordam os aspectos fisiológicos da planta de gergelim relacionados à aplicação de benziladenina, portanto, nesta pesquisa objetivou-se analisar os efeitos dos fatores cultivares e níveis de benziladenina sobre o crescimento e desenvolvimento do *Sesamum indicum*, em campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na área experimental do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, PB (6°46' S e 35°38' W. Gr), e altitude de 617 m. O solo da área é do tipo Latossolo Amarelo distrófico, textura franco arenosa a franco-argilosa (EMBRAPA, 1999). Durante o período experimental foi registrado por meio de estação automática dados climáticos e os mesmos encontram-se representados no climograma (Figura 1).

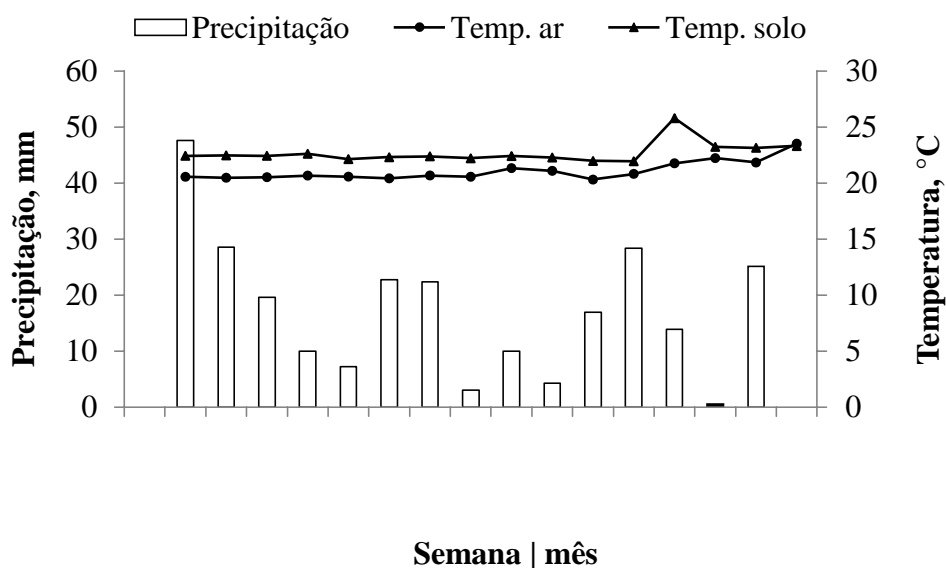
O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso com quatro repetições em esquema fatorial (3×4), sendo combinadas os genótipos de *Sesamum indicum* 'CNPA G3', 'CNPA G4' e 'BRS Seda' e os níveis de benziladenina (BA) de 0, 5, 10 e 15 mg L⁻¹, resultando em 12 tratamentos, totalizando 48 parcelas experimentais.

As variedades de gergelim diferenciam-se por vários atributos, como altura, ciclo, coloração das sementes e tipo de ramificação. De acordo com Arriel (2014) as principais características das cultivares são:

CNPA G3, possui porte médio (até 1,60 m), ciclo: 90 a 100 dias, hábito de crescimento ramificado, floração e maturação uniformes. Apresenta um fruto por axila e semente de coloração creme. Possui resistência à mancha-angular e susceptibilidade à cercosporiose e à macrophomina.

CNPA G4 é de porte mediano (1,55 m), ciclo 90 dias, hábito de crescimento ramificado com floração e maturação uniformes; um fruto por axila e sementes de cor creme, com teor de óleo variando de 48% a 50%. É tolerante à murcha-de-macrophomina, mancha-angular e cercosporiose.

Figura 1. Dados climatológicos registrados no período experimental. Bananeiras, PB, 2013.



BRS Seda possui porte médio 1,55 m; ciclo médio de 90 dias, hábito de crescimento ramificado; início do florescimento aos 36 dias após a germinação com floração e maturação uniformes. Apresenta um fruto por axila, cujas sementes são de cor branca e possuem um teor de óleo superior a 52%. Peso de 1.000 sementes: 3,20 g. Mostra-se tolerante à murcha-de-macrophomina, mancha-angular e cercosporiose.

O solo da área experimental recebeu calagem e adubação química de acordo com a necessidade da cultura e as características físico-químicas do mesmo (Tabela 1). Para o cultivo em sequeiro, dois meses após a calagem realizou-se a semeadura manual de aproximadamente 1 g de semente por fileira em sulcos com cerca de 2,5 cm de profundidade, seguindo as curvas de nível do terreno. Três a quatro dias após o semeio ocorreu a germinação e as plântulas foram desbastadas em duas etapas: a primeira, de forma parcial, iniciado quando as plantas encontravam-se com ou 5 folhas e a segunda, de forma definitiva, ocorreu

Tabela 1. Resultados de análises químicas do solo da área experimental. Bananeiras, PB, 2013.

Profund.	pH H ₂ O	mmolc/dm ³								%	mg/dm ³	g/Kg
	1:2,5	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T	Al ⁺³	V	P	M.O
0-20 cm	6,5	31,8	17,5	0,9	1,6	51,8	42,1	93,8	ND*	55,2	229,4	27,0
0-40 cm	5,4	16,3	6,6	0,7	0,7	24,3	81,7	106,	6,5	22,9	17,6	24,6

*ND: Não detectado

quando as plantas encontravam-se com 15 cm de altura, objetivando-se colocá-las no espaçamento 10 plantas por metro linear.

A parcela experimental foi composta por 7 fileiras de 25 plantas, sendo as duas fileiras laterais como bordaduras, das centrais três para a análise do crescimento destrutivo e duas para os componentes de produção, o espaçamento adotado foi de 0,6 m × 0,1 m, correspondendo a uma densidade de plantio de 166.666 plantas ha⁻¹. Cada parcela tinha 7,5 m² de área útil e um total de 175 plantas.

A aplicação do tratamento hormonal (níveis de BA) foi fracionada em três aplicações 30, 37 e 42 dias após a emergência (DAE), por meio de pulverizações manuais na parte abaxial e adaxial das folhas até o ponto de escorrimento, com o auxílio de um pulverizador manual de compressão prévia com capacidade de 5 L e bico de 30 mm.

2.1 Trocas gasosas

Avaliações das trocas gasosas deu-se pela quantificação da fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (Ci) aos 80 DAE

em folhas completamente expandidas no terço médio da planta, registradas por meio do analisador de gás infravermelho (IRGA) da marca LICOR e modelo 6400 (Anexo 1).

2.2 Análise de crescimento

Para a análise do crescimento coletou-se plantas quinzenalmente (15 aos 90 DAE) ao longo do período experimental, sendo três plantas de cada parcela. Foram contabilizadas o número de folhas e para a determinação da área foliar foi utilizada a metodologia proposta do Silva et al. (2002), segundo a equação 1:
$$A_f = 0,7 \cdot L \cdot C$$
, onde, L é a largura da folha, C é o comprimento da nervura principal e 0,7 é o coeficiente de ajuste. Avaliou-se ainda a altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), comprimento da raiz (CR) e massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA).

A partir dos dados da análise do crescimento calculou-se os seguintes índices fisiológicos: Taxa de crescimento absoluto (TCA), g dia^{-1} ; Taxa de Crescimento Relativo (TCR), $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$; Área Foliar Específica (AFE), $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$; Índice de Área Foliar (IAF), $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ e Taxa de Assimilação Líquida (TAL), $\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$.

2.3 Componentes da produção

Para avaliar os componentes de produção, colheu-se duas fileiras por parcela e analisaram-se o número de fruto (NF), número de fruto por axila de folha (NFA), peso de fruto (PF) e, massa de mil sementes (MMIL) conforme a RAS (BRASIL, 2009), produtividade de grãos (P) em kg ha^{-1} e índice de colheita (IC).

2.4 Teor de óleo e Energia bruta

As determinações de teor de óleo (TO) e energia bruta (EB) das sementes foram realizadas no Laboratório de Análises Avançadas em Nutrição Animal no CCHSA-UFPB, o teor de óleo por meio da extração com solvente e método á quente utilizando equipamentos de extração Soxhlet Vidrolabor. As amostras secas e previamente trituradas foram transferidas para cartuchos de papel filtro, em seguida colocados nos extratores de Soxhlet, acoplados a balões de vidro contendo éter de petróleo. A extração se deu em 45 minutos e a determinação da massa de óleo extraída foi realizada por pesagem do balão de vidro após completa evaporação do solvente (SILVA; QUEIROZ, 2005).

A energia bruta foi analisada através do método da Bomba Calorimétrica, onde a amostra com peso de 0,7 g foi acomodada num cadinho e o sistema pressurizado com oxigênio, no calorímetro utilizou-se a massa de água de 2500 g, esperando-se a estabilização da temperatura da água, na sequência, efetuou-se a queima e o resultado é expresso em cal g⁻¹.

Finalmente, calculou-se a máxima eficiência técnica (MET) a partir do ponto de máxima de uma equação de segundo grau, igualando-se a zero a derivada da primeira da equação e encontrando-se posteriormente o valor de x, conforme Storck et al. (2011).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SAS[®] (Statistical Analysis System, 1999), versão 9.1. Os dados sem distribuição normal foram transformados em Logx, e posteriormente submetidos à análise de variância pelo teste F, os resultados quando significativos a 5 ou 1% de probabilidade, as médias do fator qualitativo (cultivares) foram comparadas pelo teste de comparação múltipla de Tukey, a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (níveis de benziladenina), foram ajustadas regressões

polinomiais entre os níveis de BA (variável independente) e as demais variáveis dependentes buscando-se o modelo que melhor representasse essa relação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período experimental (julho à outubro de 2013) registrou-se temperatura média do ar e do solo de 21 °C e 22,7 °C, respectivamente e precipitação total de 260 mm bem distribuídos. Para o crescimento e desenvolvimento do gergelim, o ideal é que a precipitação seja bem distribuída durante todo o ciclo da cultura superior a 300 mm conforme Albuquerque et al. (2011).

De modo geral, observou-se o crescimento lento até os 30 DAE, quando as plantas estavam com aproximadamente 30 cm de altura, acentuando-se o incremento em altura aos 60 DAE quando já mediam em torno de 110 cm, alcançando em torno de 135 cm ao final do ciclo fenológico. Foi observado por Grilo e Azevedo (2013), que a cultivar BRS Seda atingiu 170 cm ao final do ciclo e com marcha de crescimento equivalente ao constatado neste estudo.

3.1 Trocas gasosas

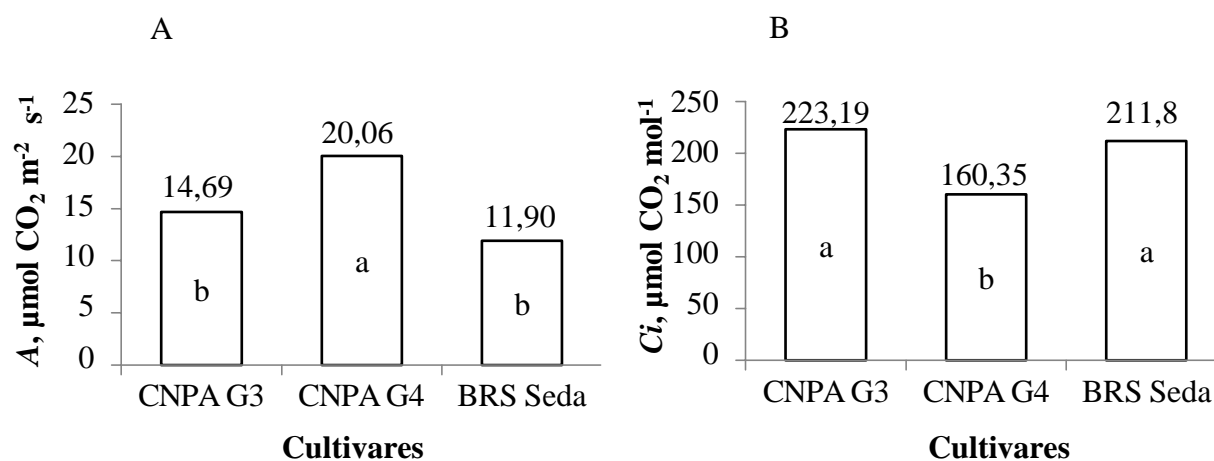
A fotossíntese líquida e a concentração interna de CO₂ foram significativas para o fator cultivar a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente (Tabela 2). O máximo desempenho na taxa de fotossíntese líquida obteve-se na CNPA G4 e o inverso ocorreu com a concentração interna de CO₂, sendo a CNPA G4 a de menor valor (Figura 2A e 2B).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as taxas de trocas gasosas de cultivares de *Sesamum indicum*, submetido à níveis de Benziladenina. Bananeiras, PB. 2013¹.

FV	GL	Pr > F			
		A	gs	Ci	E
Bloco	3				
Cultivar (C)	2	0,001**	0,639 ^{ns}	0,021*	0,533 ^{ns}
Nível (N)	3	0,057 ^{ns}	0,295 ^{ns}	0,282 ^{ns}	0,313 ^{ns}
C X N	6	0,054 ^{ns}	0,364 ^{ns}	0,138 ^{ns}	0,189 ^{ns}
Resíduo	33				
CV (%)	-	14,20	7,07	13,00	25,65

¹: FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficientes de variação; A - Fotossíntese ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); E - Transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); gs - Condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Ci - Concentração interna de CO_2 ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Tf - Temperatura foliar (°C). ns - Não significativo, ** - Significativo a 1% , * a 5% pelo teste de F.

Figura 2. Fotossíntese líquida (A), (A) e Concentração interna de CO_2 (Ci), (B) de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2013.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Enquanto, a condutância estomática foi de 0,23 e 0,17 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ nas cultivares CNPA G3 e CNPA G4, respectivamente.

Este comportamento difere do esperado, já que os processos de fotossíntese e transpiração estão intimamente relacionados através dos estômatos, pois ao mesmo tempo em que os estômatos oferecem resistência da difusão da água de dentro da folha para a atmosfera, constituem-se em uma barreira para aquisição de CO_2 . Segundo Albuquerque et al. (2011) o gergelim por possuir metabolismo fotossintético C_3 , existe outro processo que reduz a fotossíntese líquida, a fotorrespiração.

Taiz e Zeiger (2011) consideram que o aumento na biomassa não depende somente da assimilação de CO_2 , mas do balanço hormonal e do padrão específico de cada planta e que a atividade fotossintética depende de reações bioquímicas e da capacidade do tecido foliar para a assimilação de CO_2 que depende, em grande parte, do conteúdo da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase (Rubisco).

Provavelmente a condutância estomática e a assimilação de CO_2 podem estar associadas à presença das citocininas, as quais estão envolvidas na abertura estomática por meio da inibição da ação do ácido abscísico, que é um hormônio que provoca o fechamento dos estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2011), estão envolvidas também na síntese de proteínas da enzima Rubisco.

No entanto, Prins (2011) constatou que a frequência de aplicação exógena de benzilaminopurina não influenciou as trocas gasosas de capim limão.

3.2 Análise de crescimento

Os resultados da análise de variância para as variáveis de crescimento encontram-se na Tabela 3.

Houve efeito significativo entre as cultivares na altura da planta (AP) somente aos 90 DAE. A CNPA G4 foi aquela que atingiu maior altura (143,30 cm), acréscimo de 10,57% à cultivar CNPA G3, que apresentou menor altura da planta (128,15 cm) (Figura 3).

Comportamento equivalente foi observado por Silva et al. (2014), onde consideram o crescimento em altura da planta de gergelim ao final do ciclo, como sendo resposta positiva dos tratamentos nas estruturas reprodutivas da planta que surgem neste estágio fenológico. No entanto, Borges (2014) verificou que a aplicação de até 400 mg L⁻¹ de benziladenina sobre as características altura da planta de pinhão manso (*Jatropha curcas*) não apresentou efeito significativo.

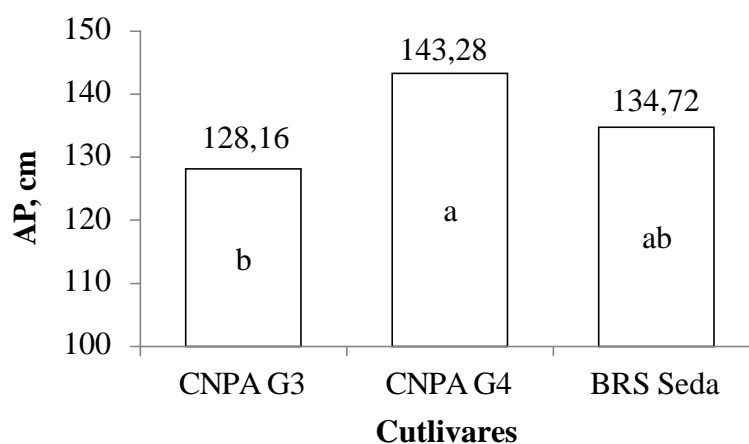
Para o diâmetro do colo da planta houve efeito significativo aos 45 DAE, diferença apenas para cultivares, sendo a CNPA G4 a que melhor se destacou comparado com a CNPA G3 que apresentou o menor diâmetro (Figura 4). Observou-se crescimento contínuo do diâmetro até os 60 DAE, corroborando com resultados encontrados por Silva et al. (2014), quando estudou o crescimento e desenvolvimento de gergelim em função de cinco laminas de irrigação, sendo L1 = 47,38 mm; L2 = 240,38 mm; L3 = 477,88 mm; L4 = 698,88 mm e L5 = 1026,50 mm.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento de cultivares de *Sesamum indicum*, submetido à níveis de Benziladenina. Bananeiras, PB. 2013¹.

FV	GL	Pr > F			
		15 DAE			
		AP	DC	CR	AF
Bloco	3				
Cultivar (C)	2	0,062 ^{ns}	0,060 ^{ns}	0,149 ^{ns}	0,966 ^{ns}
Nível (N)	3	0,291 ^{ns}	0,986 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,656 ^{ns}
C X N	6	0,325 ^{ns}	0,093 ^{ns}	0,058 ^{ns}	0,689 ^{ns}
Resíduo	33				
CV (%)	-	25,91	19,97	0,1586	36,73
30 DAE					
Bloco	3				
Cultivar (C)	2	0,159 ^{ns}	0,974 ^{ns}	0,0006**	0,574 ^{ns}
Nível (N)	3	0,121 ^{ns}	0,404 ^{ns}	0,315 ^{ns}	0,152 ^{ns}
C X N	6	0,161 ^{ns}	0,314 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,168 ^{ns}
Resíduo	33				
CV (%)	-	20,36	26,13	9,96	31,86
45 DAE					
Bloco	3				
Cultivar (C)	2	0,109 ^{ns}	0,010*	0,186 ^{ns}	0,035*
Nível (N)	3	0,733 ^{ns}	0,989 ^{ns}	0,285 ^{ns}	0,529 ^{ns}
C X N	6	0,133 ^{ns}	0,762 ^{ns}	0,472 ^{ns}	0,129 ^{ns}
Resíduo	33				
CV (%)	-	12,48	18,21	12,21	34,48
60 DAE					
Bloco	3				
Cultivar (C)	2	0,107 ^{ns}	0,124 ^{ns}	0,637 ^{ns}	0,130 ^{ns}
Nível (N)	3	0,129 ^{ns}	0,234 ^{ns}	0,530 ^{ns}	0,174 ^{ns}
C X N	6	0,894 ^{ns}	0,131 ^{ns}	0,202 ^{ns}	0,095 ^{ns}
Resíduo	33				
CV (%)	-	10,13	16,35	18,47	39,32
75 DAE					
Bloco	3				
Cultivar (C)	2	0,979 ^{ns}	0,120 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,071 ^{ns}
Nível (N)	3	0,245 ^{ns}	0,999 ^{ns}	0,804 ^{ns}	0,141 ^{ns}
C X N	6	0,969 ^{ns}	0,610 ^{ns}	0,482 ^{ns}	0,879 ^{ns}
Resíduo	33				
CV (%)	-	9,53	16,79	10,89	43,91
90 DAE					
Bloco	3				
Cultivar (C)	2	0,043*	0,654 ^{ns}	0,462 ^{ns}	0,138 ^{ns}
Nível (N)	3	0,621 ^{ns}	0,445 ^{ns}	0,670 ^{ns}	0,861 ^{ns}
C X N	6	0,428 ^{ns}	0,713 ^{ns}	0,987 ^{ns}	0,536 ^{ns}
Resíduo	33				
CV (%)	-	12,02	41,87	14,11	63,24

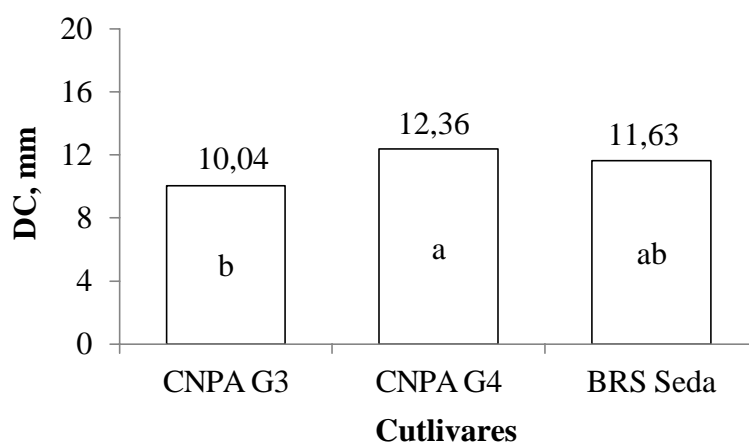
¹: FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficientes de variação; DAE: dias após a emergência; AP - altura de planta (cm); DC - diâmetro do colo (mm); CR- comprimento de raiz (cm); AF- área foliar (cm²). ns - Não significativo, ** - Significativo a 1% , * a 5% pelo teste de F.

Figura 3. Altura de planta (AP) de cultivares de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2013.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 4. Diâmetro do colo (DC) de cultivares de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2013.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Estes autores verificaram que até 30 DAE foi lento o crescimento em diâmetro acentuando-se a partir deste e se estabilizando aos 60 DAE, independente da lâmina estudada.

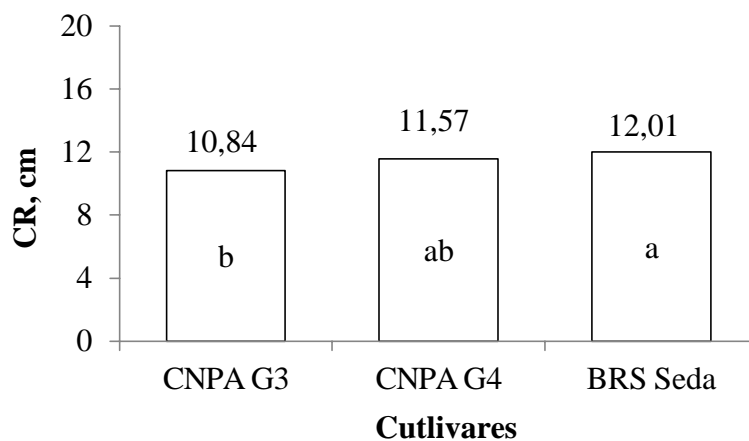
A aplicação exógena de benziladenina em plantas de soja não influenciou o diâmetro do colo (BORGES, 2014), mesmo quando utilizadas níveis bem superiores as da presente pesquisa. Já para o comprimento da raiz houve diferença significativa aos 30 DAE para o fator cultivar, a BRS Seda e CNPA G4 obtiveram maior e menor comprimento de raiz, respectivamente (Figura 5).

A área foliar é considerada um parâmetro chave na pesquisa de crescimento de plantas, de acordo com Grilo e Azevedo (2013) é um importante indicador de produtividade, sua avaliação durante todo o ciclo da cultura é de extrema importância para que se possa modelar o crescimento e o desenvolvimento da planta e, em consequência, a produtividade e a produção total da cultura. No gergelim a área foliar cresce rapidamente entre 30 e 60 dias, decrescendo após este período (ALBUQUERQUE et al. 2011). No presente trabalho, verificou-se efeito significativo para esta variável aos 45 DAE, sendo a cultivar CNPA G4 e BRS Seda, com maior e menor incremento em área foliar, respectivamente (Figura 6).

A diferença entre as cultivares provavelmente está associada a heterofilia existente em plantas de gergelim, em determinadas fases apresentam maior número de folhas trifoliadas, por serem grandes e largas, contribuem com maior peso para a área foliar conforme Grilo e Azevedo (2013), estes autores obtiveram para a cultivar BRS Seda área foliar em torno de 25 m² aos 45 DAE, valor superior ao encontrado nesta pesquisa (16,29 m²).

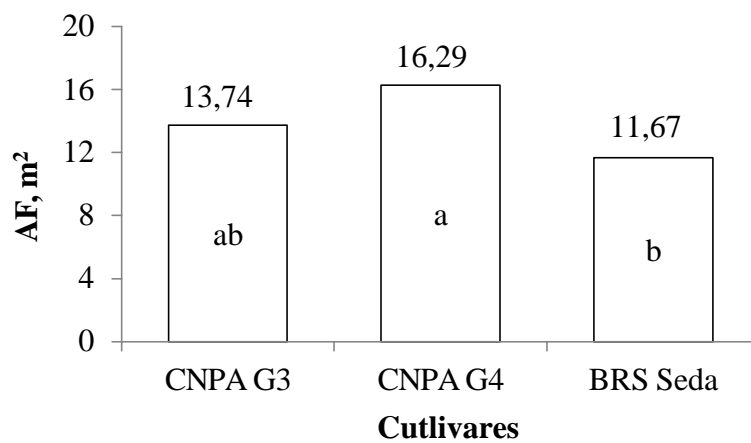
As taxas de crescimento no decorrer do ciclo da cultura (15 aos 90 DAE) estão representadas na Figura 7.

Figura 5. Comprimento da raiz (CR) de cultivares de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2013.



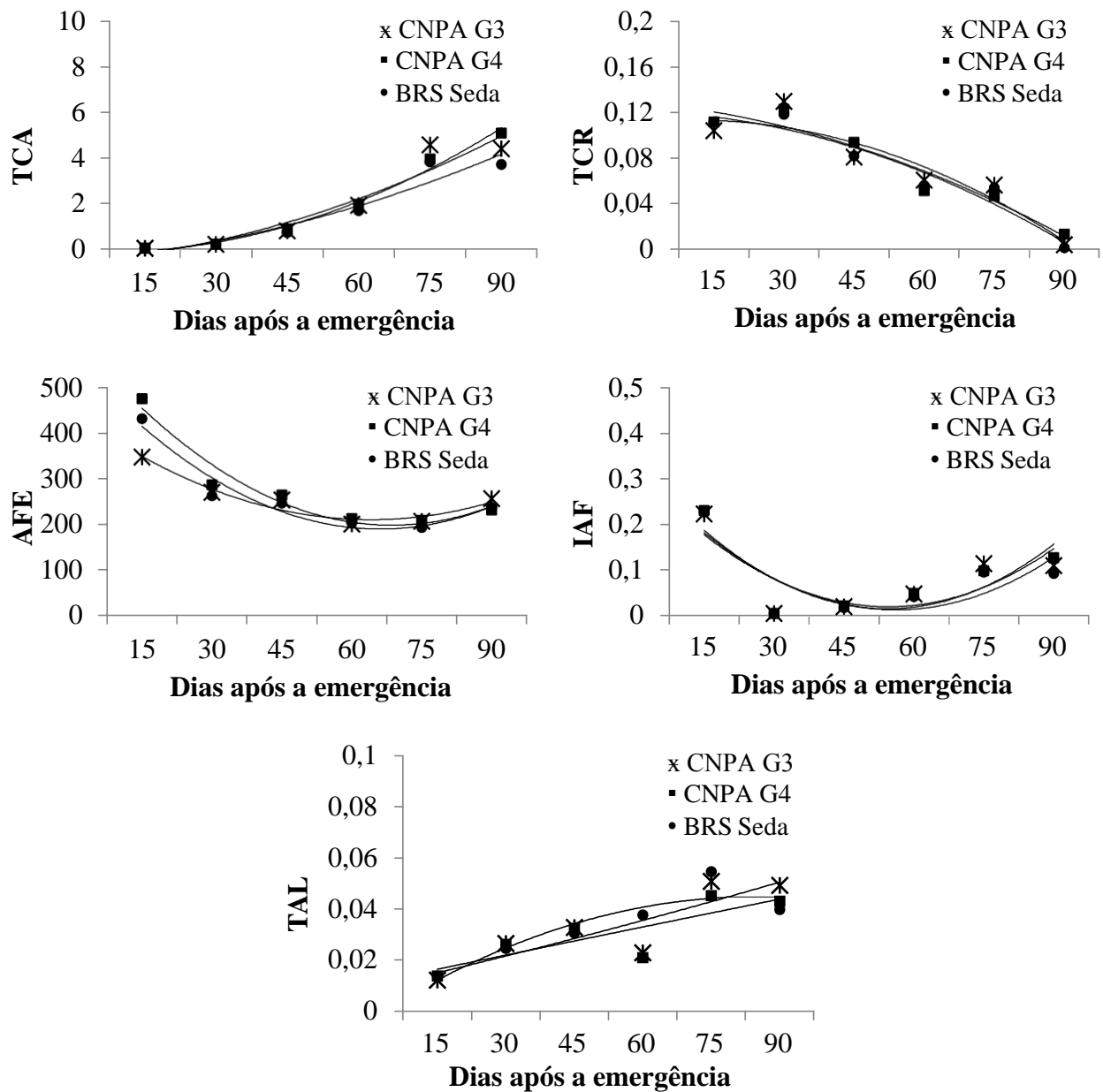
Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 6. Área foliar (AF) de cultivares de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2013.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 7. Taxa de crescimento absoluto (TCA), g dia⁻¹; Taxa de Crescimento Relativo (TCR), g g⁻¹ dia⁻¹; Área Foliar Específica (AFE), cm² g⁻¹; Índice de Área Foliar (IAF), m² m⁻² e Taxa de Assimilação Líquida (TAL), g m⁻² dia⁻¹ de cultivares de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2013.



TCA

TCR

$$\begin{aligned} \text{CNPA G3 } y &= 0,113x^2 + 0,2353x - 0,5369 \text{ R}^2 = 0,91 \\ \text{CNPA G4 } y &= 0,1764x^2 - 0,1653x - 0,0618 \text{ R}^2 = 0,99 \\ \text{BRS Seda } y &= 0,0876x^2 + 0,2475x - 0,4816 \text{ R}^2 = 0,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CNPA G3 } y &= -0,0038x^2 + 0,0054x + 0,111 \text{ R}^2 = 0,89 \\ \text{CNPA G4 } y &= -0,0022x^2 - 0,006x + 0,1283 \text{ R}^2 = 0,93 \\ \text{BRS Seda } y &= -0,0028x^2 - 0,002x + 0,1205 \text{ R}^2 = 0,94 \end{aligned}$$

AFE

IAF

$$\begin{aligned}\text{CNPA G3 } y &= 12,888x^2 - 110,08x + 446,54 \text{ R}^2 = 0,94 \\ \text{CNPA G4 } y &= 20,044x^2 - 183,04x + 617,39 \text{ R}^2 = 0,94 \\ \text{BRS Seda } y &= 19,306x^2 - 170,02x + 565,4 \text{ R}^2 = 0,94\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CNPA G3 } y &= 0,0226x^2 - 0,164x + 0,3185 \text{ R}^2 = 0,61 \\ \text{CNPA G4 } y &= 0,0248x^2 - 0,1799x + 0,3418 \text{ R}^2 = 0,69 \\ \text{BRS Seda } y &= 0,0223x^2 - 0,167x + 0,3262 \text{ R}^2 = 0,63\end{aligned}$$

TAL

$$\begin{aligned}\text{CNPA G3 } y &= 0,0001x^2 + 0,0062x + 0,0087 \text{ R}^2 = 0,76 \\ \text{CNPA G4 } y &= -1\text{E-}05x^2 + 0,0056x + 0,0109 \text{ R}^2 = 0,69 \\ \text{BRS Seda } y &= -0,0015x^2 + 0,0171x - 0,0034 \text{ R}^2 = 0,84\end{aligned}$$

Verificou-se que a taxa de crescimento absoluto (TCA) atingiu maior valor aos 90 DAE (5 g dia⁻¹) para a CNPA G4, provavelmente em função do aumento da matéria seca, ocasionada pelo acréscimo de estruturas reprodutivas. Inversamente, a TCR foi maior no início do período vegetativo e decresce à medida que avança o ciclo, esta taxa tendeu a valores próximos de zero aos 90 DAE.

Este comportamento é coerente uma vez que o crescimento relativo representa o incremento diário produzido por unidade de material pré-existente, num período de tempo.

Resultados semelhante foram obtidos por Santos et al. (2013) em plantas de milho tratadas com bioestimulantes, onde a TCR decresceu ao longo do ciclo fenológico.

Inicialmente houve decréscimo na Área foliar específica (AFE) até os 30 DAE, mantendo-se até os 75 DAE, tendo o aumento retomado da área foliar específica, quando se espera a queda nesta taxa em virtude da desfolha da planta, comportamento este não verificado neste estudo. Provavelmente o incremento em área foliar específica ao final do ciclo deva-se a ação do benziladenina através da aplicação exógena, a qual promove a síntese de proteínas impedindo, dessa forma a senescência foliar.

Houve decréscimo no índice de área foliar (IAF) até os 45 DAE, quando retomou o aumento até 90 DAE, porém, este incremento em biomassa não provocou a queda da taxa de assimilação líquida (TAL) por meio do sombreamento, obtendo-se o maior valor aos 75 DAE.

Atribui-se a este resultado a eficiência do *Sesamum indicum* na interceptação da luz, por possuir heterofilia. Costa-Silva et al. (2012), constataram que a benziladenina não influenciou o processo de senescência foliar em plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas*), o que corrobora a percepção de que em se tratando de fitohormônios as espécies podem responder diferentemente a ação destes.

3.3 Componentes da produção

Resultados da análise de variância para os componentes da produção encontram-se na Tabela 4.

Para o número de fruto por planta houve diferença significativa para os fatores estudados (Figura 8). Isso demonstra que o efeito dos níveis do regulador de crescimento usado perdurou até a colheita, indicando que a época de aplicação do mesmo foi adequada, ou seja, momento que antecede a antese.

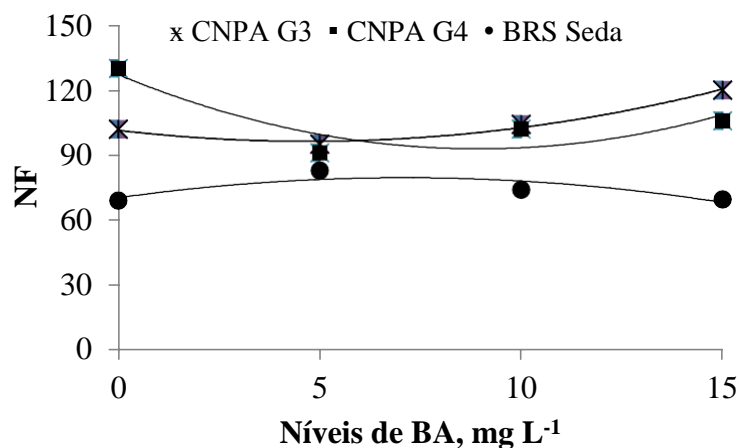
Observou-se ajuste quadrático com alto coeficiente de determinação para a CNPA G3, sendo a mínima eficiência técnica de 96,55 frutos por planta atingida com 4,72 de BA, observou-se que a aplicação crescente de BA promoveu valores crescente na produção de frutos. Da mesma forma a CNPA G4 obteve a mínima eficiência técnica de 8,94 mg L⁻¹ de BA que corresponde a 93,11 frutos planta⁻¹. Já para a Seda observou-se ponto de máxima eficiência técnica de 7,10 mg L⁻¹ de BA equivalente á 79,79 frutos planta⁻¹ ao final do ciclo do *Sesamum indicum*.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os componentes da produção de cultivares de *Sesamum indicum*, submetido à níveis de Benziladenina. Bananeiras, PB. 2013¹.

FV	GL	Pr > F					
		NF	NFA	MMIL	PF	P	IC
Bloco	3						
Cultivar (C)	2	0,000**	0,000**	0,010*	0,524 ^{ns}	0,491 ^{ns}	0,703 ^{ns}
Nível (N)	3	0,036*	0,060 ^{ns}	0,202 ^{ns}	0,205 ^{ns}	0,338 ^{ns}	0,451 ^{ns}
C X N	6	0,056 ^{ns}	0,075 ^{ns}	0,252 ^{ns}	0,441 ^{ns}	0,663 ^{ns}	0,3234 ^{ns}
Resíduo	33						
CV (%)	-	3,86	16,88	4,39	12,91	4,97	4,49

¹: FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficientes de variação; NF - número de frutos por planta; NFA - número de fruto por axila foliar; MMIL- massa de mil sementes; PF - peso de fruto por planta (g); P - produtividade em grãos (Kg ha⁻¹); IC- índice de colheita. ns - Não significativo, ** - Significativo a 1% , * a 5% pelo teste de F.

Figura 8. Número de frutos por planta de *Sesamum indicum* submetida diferentes níveis de benziladenina (BA). Bananeiras, PB, 2013.



$$\begin{aligned} \text{CNPA G3 } \hat{y} &= 101,61 - 2,144x + 0,2271x^2 \quad R^2 = 0,99 \\ \text{CNPA G4 } \hat{y} &= 127,24 - 7,6353x + 0,4271x^2 \quad R^2 = 0,80 \\ \text{BRS Seda } \hat{y} &= 70,557 + 2,6001x - 0,1829x^2 \quad R^2 = 0,70 \end{aligned}$$

Para Borges (2014), o benziladenina aumentou a produtividade de soja (*Glycine max*), com o melhor resultado obtido na concentração de 209 mg L⁻¹. Também, em pinhão manso (*Jatropha curcas*) foi observado incremento de aproximadamente 60% no número de fruto quando as plantas foram submetidas a 200 mg L⁻¹ de benziladenina (MATOS et al., 2013). Um incremento de 92% no número de grãos por planta de pinhão manso resultou da aplicação de benziladenina (GOUVEIA et al., 2012).

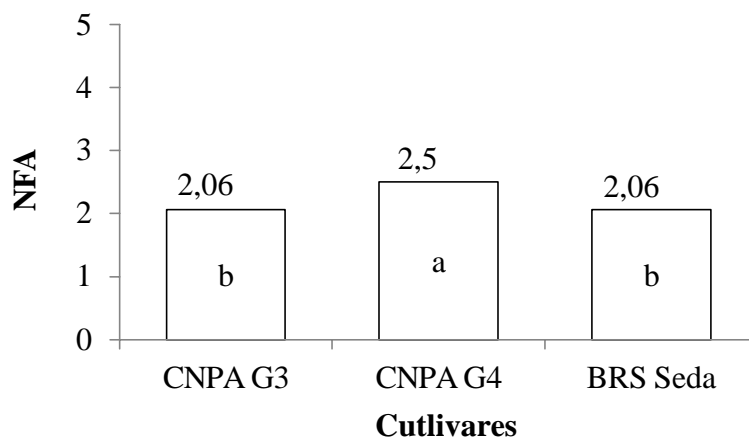
Contudo, Petri et al. (2013) em macieira constataram que os tratamentos com maior concentração de BA mostraram maior redução do número de frutos por planta, enquanto as menores concentrações abaixo de 80 mg L⁻¹, não influenciou o número de frutos por planta.

Para o número de fruto por axila foliar, observou-se diferenças significativas para o fator cultivar. A cultivar CNPA G4 apresentou o maior valor e diferiu das demais para esta variável (Figura 9).

Abdelgadir, Johnson e Staden (2009), em estudo com pinhão manso (*Jatropha curcas*) relataram que as citocininas têm ação sobre os meristemas axilares, ocasionando uma expansão do tecido meristemático que seria responsável pela diferenciação de mais de uma flor por gema axilar, o que resulta em maior número de frutos por axilar foliar, contudo, a aplicação do BA não promoveu efeitos nessa variável na presente pesquisa.

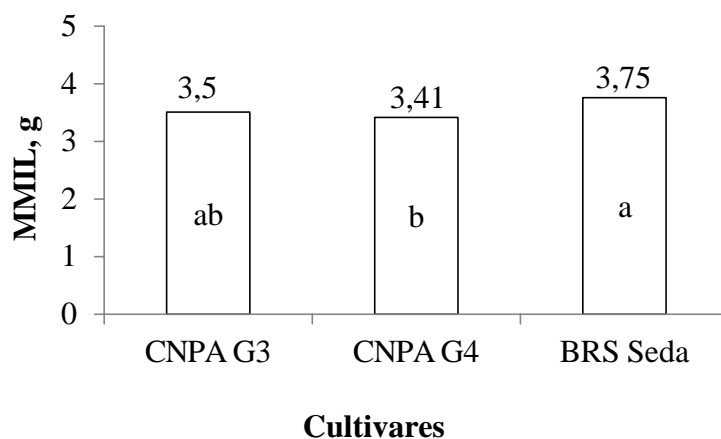
Para a variável massa de mil sementes (MMIL) houve significância para o fator cultivar (Figura 10). De acordo com Albuquerque et al. (2011) existe uma relação proporcional entre o teor de óleo e a massa de mil (MMIL) sementes do gergelim, e esta foi verificada no presente estudo, quando as sementes de maior massa também apresentaram maior percentual de óleo, a exemplo da BRS Seda com 43,2% e 3,75 g da massa de mil sementes.

Figura 9. Número de fruto por axila foliar (NFA) de cultivares de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2013.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 10. Massa de mil sementes (MMIL) de cultivares de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2013.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Outros autores também verificaram a supracitada relação, na cultivar BRS Seda, Queiroga et al. (2012) obtiveram os maiores valores de teor de óleo e MMIL, de 50,9% e 3,16 g, respectivamente.

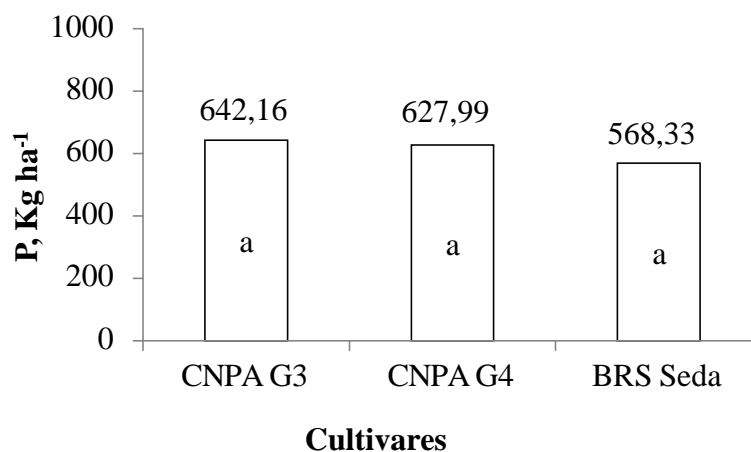
Resultados semelhantes de 50,83% e 3,22 g de TO e MMIL, respectivamente, foram observados por Lucena et al. (2013). Estes mesmos autores destacam que a maturidade fisiológica é um fator importante na qualidade final, onde a colheita realizada aos 75 DAE afeta negativamente os componentes, TO e MMIL.

A produtividade de grãos estimada não sofreu influência do fator cultivar nem do fitorregulador estudado, onde a cultivar CNPA G4 obteve maior valor quando não recebeu o BA (Figura 11). O rendimento de grãos expresso neste estudo encontra-se acima da média nacional de 640 kg ha⁻¹ e da mundial (481,4 kg ha⁻¹) cultivado em regime de sequeiro (FAO, 2012).

Em pinhão manso (*Jatropha curcas*), as plantas tratadas com benziladenina apresentaram significativas alterações no crescimento reprodutivo e caracteres de produção. Os aumentos do número de inflorescências por planta, frutos por inflorescência e produção apontam para a eficácia da benziladenina no aumento da produtividade desta cultura (MATOS et al., 2013).

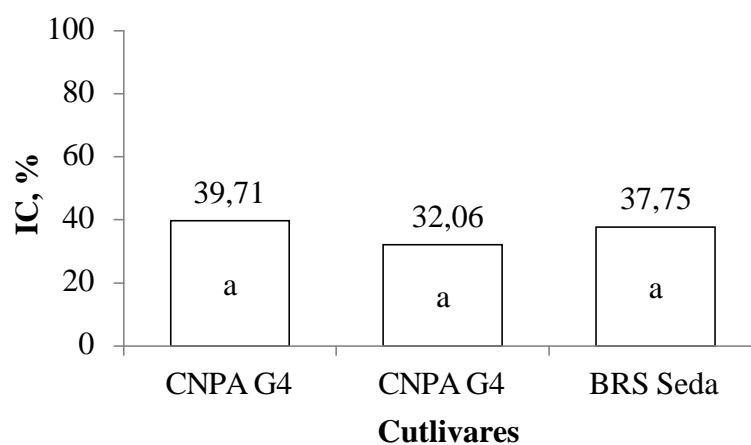
A cultivar CNPA G3 apresentou maior índice de colheita (51,11%), provavelmente em função da menor produtividade biológica em detrimento da econômica, enquanto a cultivar CNPA G4 que apresentou maior produtividade de grãos obteve apenas 35,77% de IC (Figura 12). Quando em condições agroecológicas, o gergelim alcançou produtividade de 750 kg ha⁻¹, produção de fitomassa 1269,79 kg ha⁻¹ e IC de 59,06% (SILVA et al., 2014).

Figura 11. Produtividade de grãos (P) de cultivares de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2013.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 12. Índice de colheita (IC) de cultivares de *Sesamum indicum*. Bananeiras, PB. 2013.



Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Para o gergelim, o principal dreno são as sementes, as quais estocam em média 49%, 18,5% e 21,1% de lipídio, proteína e carboidrato, respectivamente. A planta por vários fatores, para produzir lipídio e proteína tem que investir muita energia na forma de ATP, enquanto as plantas produtoras de açúcar de metabolismo C₄, na produção de energia consome apenas 1/3 dessa energia (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2007).

É válido ressaltar que as citocininas possuem também efeito imediato no estabelecimento de drenos, pois aumentam a força de atração de fotoassimilados (PERES; KERBAUY, 2004).

Esclarecimentos quanto aos divergentes rendimentos das culturas em respostas a aplicação de fitorreguladores podem estar relacionados diretamente a cultivar estudada, a concentração e ao estágio ontogenético em que se encontra a planta, como também as diversas condições climáticas que podem influenciar nos mecanismos de transporte, assimilação e translocação destas substâncias. Contudo, o maior conhecimento do comportamento dos componentes de produção pode viabilizar formas mais eficientes de manejo desta pedaliácea.

3.4 Teor de óleo e Energia bruta

Os resultados da análise de variância para o teor de óleo e energia bruta constam na Tabela 5.

Verificou-se que o benziladenina não influenciou no teor de óleo das sementes de gergelim. Observou-se o maior percentual de óleo nas sementes da cultivar Seda (43,20) quando submetida ao maior nível de fitohormônio estudado, ao passo que a menor (35,94%) foi na CNPA G4 nas plantas que não receberam benziladenina. Os mesmos resultados foram relatados por Matos et al. (2013) para *Jatropha curcas*.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para o Teor de óleo (TO) e Energia bruta (EB) de cultivares de *Sesamum indicum*, submetido à níveis de Benziladenina. Bananeiras, PB. 2013¹.

FV	GL	Pr > F	
		TO	EB
Bloco	3		
Cultivar (C)	2	0,347 ^{ns}	0,395 ^{ns}
Nível (N)	3	0,491 ^{ns}	0,008**
C X N	6	0,649 ^{ns}	0,235 ^{ns}
Resíduo	33		
CV (%)	-	3,14	2,52

¹: FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficientes de variação; TO - %; EB - Kcal por 100 g. ns - Não significativo, ** - Significativo a 1% , * a 5% pelo teste de F.

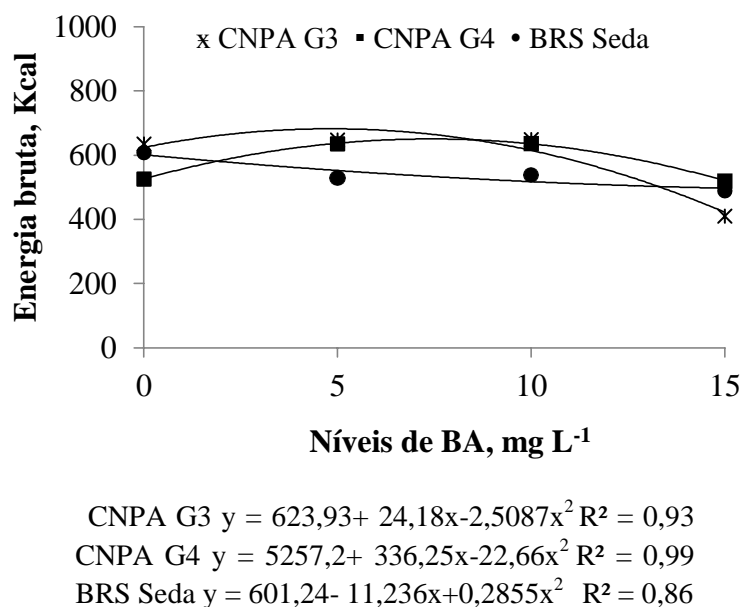
Destaca-se que estes valores estão aquém do esperado para a cultura, a exemplo da Seda que produz por volta de 50% de óleo. Teores superiores a 50% de óleo foram observado na Seda em condições irrigadas por Silva (2012) e Silva et al. (2014) de 51,4% e de 52,57%, respectivamente.

Prins (2011) em experimento com citocinina (50 mg L⁻¹) em capim limão foi observado que este hormônio não influenciou no rendimento do óleo, porém, ocorreram alterações na composição do óleo essencial.

O teor de óleo é uma variável muito sensível as condições ambientais de cultivo, como diferenças de genótipos, condições climáticas, estágio de maturação da planta, época de colheita e método de extração usado. Nesse sentido Albuquerque et al. (2013) reportam que nas condições irrigadas o conteúdo de óleo de gergelim variou de 47,74 a 60,71% e sob regime de sequeiro a amplitude de variação foi de 47,08 a 53,64%.

A energia bruta (EB) da semente foi significativa para o fator nível (Figura 13).

Figura 13. Energia bruta em Kcal por 100 g de amostra nas sementes de *Sesamum indicum*, submetida diferentes níveis de benziladenina (BA). Bananeiras, PB, 2013.



O ponto de máxima eficiência estimado foi de 4,81 mg L⁻¹ de BA que corresponde a produção energética de 682,2 kcal 100 g⁻¹ de sementes para a cultivar CNPA G3, valor superior ao tido como média para a BRS Seda que é de 563 kcal (EPSTEIN, 2000).

Porém, considerando os resultados desta pesquisa o nível que influenciou o maior valor de energia foi de 5 mg L⁻¹ de benziladenina e os menores valores foram quando as plantas receberam o maior nível de BA (15 mg L⁻¹) nas cultivares, CNPA G3, CNPA G4 e BRS Seda.

4 CONCLUSÕES

1. Na ausência do benziladenina as plantas de *Sesamum indicum* obtiveram maior taxa de fotossíntese líquida;
2. As cultivares se diferenciam quanto a altura de planta, diâmetro do colo, comprimento da raiz e área foliar;
3. O benziladenina não influenciou nos componentes de produção do gergelim;
4. Sem o benziladenina a CNPA G3 obteve a maior produtividade de grãos, valor acima da média nacional.
5. O benziladenina aumentou a produção de energia bruta nas sementes do gergelim.

5 AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão (*In memoriam*) pelo incentivo ao desenvolvimento deste trabalho e seu comprometimento com a Ciência.

6 REFERÊNCIAS

- ABDELGADIR, H.A.; JOHNSON, S.D.; STADEN, J. V. Effect of foliar application of plant growth regulators on flowering and fruit set in *Jatropha curcas* – A potential oil seed crop for biodiesel. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 58, n. 3, p. 287-295, 2009.
- ALBUQUERQUE, F.A. et al. Ecofisiologia do gergelim (*Sesamum indicum* L.). In: BELTRÃO, N.E.M.; OLIVEIRA, M.I.P. (Orgs.). **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão manso e sisal**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2011. p. 163-194.
- ALBUQUERQUE, F.A. et al. Influência das condições de cultivo na composição da semente e do óleo de gergelim. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 3, p. 301-310, 2013.
- ARRIEL, N.H.C. **O cultivo do gergelim**. Embrapa Algodão - Sistema de Produção, Versão Eletrônica, 2. ed., mar/2014. (Documento 6).
- BELTRÃO, N.E. de M. et al. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 5, n. 5, p. 6-73, 2010.
- BELTRÃO, N.E. de M.; OLIVEIRA, M.I.P. de. **Biossíntese e Degradação de Lipídios, Carboidratos e Proteínas em Oleaginosas**. Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 2007. (Documento 178).
- BORGES, L.P. **Redução do abortamento de vagens e produtividade de plantas de soja tratadas com benziladenina**. 2014. 27 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Goiás, Goiânia, GO, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de semente**. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. Brasília, DF, 2009. 365 p.
- COSTA-SILVA, A.T.V. et al. Avaliação da senescência foliar de plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas a doses de benziladenina. **Revista Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 3, n. 1, p. 01-19, 2012.
- DOORN, W.G.V. et al. treatment to improve the vase life of cut tulips: Effects on tepal senescence, tepal abscission, leaf yellowing and stem elongation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 61, n. 1, p. 56-63, 2011.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 412p.
- EPSTEIN, L. **Cultura Gergelim**. SEAGRI - BA. Salvador, 2000, 10p. < <http://www.seagri.ba.gov.br/gergelim.htm> >. Acesso em: 10 ago. 2010.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012). **FAO STAT, Production Crops**. [on-line]. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/home/download>> Acesso em: 11 de março de 2014.

FEITOSA, S.S. et al. Agrofisiologia do gergelim (*Sesamum indicum* L.). In: FEITOSA, S. S. et al. (Orgs.). **Agrofisiologia de espermatófitas domesticadas**. 1. ed. João Pessoa: F&A Gráfica e Editora, 2013. p. 9-39.

GOUVEIA, E.J. et al. Aumento da produção de grãos de pinhão manso pela aplicação de benziladenina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.10, p.1541-1545, 2012.

GRILO JÚNIOR, J.A.S.; AZEVEDO, P.V. de. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim 'BRS Seda' na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). **Revista Holos**, Natal, RN, v. 2, n. 10, p. 19-33, 2013.

KOURI, J.; ARRIEL, N.H.C. Aspectos econômicos. In: ARRIEL, N.H. C.; BELTRÃO, N.E. de M.; FIRMINO P. de T. (Orgs.). **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 193-209.

LUCENA, A.M.A. et al. Qualidade de sementes de gergelim colhidas de frutos em diferentes estádios de maturação. **Scientia Plena**, Aracaju, SE, v. 9, n. 6, p. 1-7, 2013.

MATOS, F.S. et al. Aplicação de benziladenina em plantas de pinhão manso. **Revista Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 4, n. 2, p. 57 - 67, 2013.

PERES, L.E.P.; KERBAUY, G.B. **Citocininas**. In: KERBAUY, G. B. (Org.). **Fisiologia Vegetal**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v. 1, p. 250-278, 2004.

PETRI, J.L. et al. Raleio químico em macieiras 'Fuji suprema' e 'Lisgala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v. 35, n. 1, p. 170-182, 2013.

PRINS, C.L. **Composição do óleo essencial e produção de *Cymbopogon citratus* em resposta à intensidade luminosa e aplicações de N⁶-benzilaminopurina**. 2011. 71 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2011.

QUEIROGA, V. de P.; GONDIM, T. M. de S.; QUEIROGA, D.A.N. Tecnologias sobre operações de semeadura e colheita para a cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Agroambiente On-line**. Boa Vista, RR, v. 3, n. 2. p. 106-121. 2009.

QUEIROGA, V.P. et al. Avaliação da qualidade das sementes de gergelim submetidas aos processos de despliculação manual, físico e mecânico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, PB, v. 14, n. 4, p. 307-315, 2012.

QUEIROGA, V.P. et al. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, RR, v. 4, n. 1, p. 27-33, 2010.

SANTOS, V.M. et al. Índices fisiológicos de plântulas de milho (*Zea mays* L.) sob ação de bioestimulantes. **J. Biotec. Biodivers.** Gurupi, TO, v. 4, n. 3, p. 232-239, 2013.

SAS. **SAS Software**. Version 9.1. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 235p.

SILVA, J.C.A. **Crescimento e produção de genótipos de gergelim (*Sesamum indicum* L.) em função de lâminas de irrigação**. 2012. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2012.

SILVA, J.C.A. et al. Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 18, n. 4, p. 408–416, 2014.

SILVA, L.C. et al. Um método simples para estimar para se estimar área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosas Fibrosas**, Campina Grande, PB, v. 6, n. 1, p. 491-496, 2002.

STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. 3. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011. 200 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 690p.

CONCLUSÃO GERAL

Consideram-se necessárias pesquisas para determinar a concentração ótima de ácido salicílico, fenofase a ser aplicado e o limite crítico (dias de estresse) para *Sesamum indicum*;

Recomenda-se não utilizar o benziladenina em plantas de gergelim nos níveis testados;

A CNPA G4 apresentou maior número de frutos por axila foliar;

Existe uma relação proporcional entre o teor de óleo e a massa de mil sementes do gergelim;

Para melhor elucidação dos resultados recomenda-se em estudo com fitohormônios analisar também o balanço hormonal da planta.

ANEXOS

Anexo 1. Analisador infravermelho de gases (IRGA).

